

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BRAUCHBARKEIT  
DER RÖNTGENDIAGNOSTIK ZUR ERKENNUNG DER  
ENZOOTISCHEN KALZINOSE DES RINDES**

**Helmut Feußner**

---

**1977**

---







Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41555626\\_0084](https://archive.org/details/IA41555626_0084)

Aus der Chirurgischen Tierklinik

-Vorstand: Prof.Dr.H.Schebitz

und der Medizinischen Tierklinik

-Vorstand: Prof.Dr.G.Dirksen-

des Fachbereiches Tiermedizin der Universität München

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BRAUCHBARKEIT  
DER RÖNTGENDIAGNOSTIK ZUR ERKENNUNG DER  
ENZOOTISCHEN KALZINOSE DES RINDES

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
des Fachbereichs Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

von  
Helmut Feußner  
aus  
Frankfurt

München 1977

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs  
Tiermedizin der Universität  
München

Dekan: Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Referent: Prof. Dr. H. Schebitz

Korreferent: Prof. Dr. G. Dirksen

Tag der Promotion: 29. Juli 1977



# INHALTSVERZEICHNIS

Seite

|                                                 |   |
|-------------------------------------------------|---|
| EINLEITUNG UND PROBLEMATIK DER AUFGABENSTELLUNG | 1 |
|-------------------------------------------------|---|

|                    |   |
|--------------------|---|
| LITERATURÜBERSICHT | 3 |
|--------------------|---|

|                                                                  |   |
|------------------------------------------------------------------|---|
| Skelettveränderungen bei verschiedenen<br>Verkalkungskrankheiten | 3 |
|------------------------------------------------------------------|---|

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Enzootische Kalzinose | 3 |
|-----------------------|---|

|                   |   |
|-------------------|---|
| Hypervitaminose D | 6 |
|-------------------|---|

|                                         |   |
|-----------------------------------------|---|
| Außereuropäische Verkalkungskrankheiten | 9 |
|-----------------------------------------|---|

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Heilung und Rückbildungsfähigkeit der<br>Skelettveränderungen | 11 |
|---------------------------------------------------------------|----|

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Methoden zur Messung der Knochen-<br>mineralisation | 12 |
|-----------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Änderungen des Mineralgehaltes des Tier-<br>skelettes in Abhängigkeit von Alter,<br>Fütterung, Laktation und Trächtigkeit | 16 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Anatomie der Metakarpalknochen | 23 |
|--------------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| EIGENE UNTERSUCHUNGEN | 25 |
|-----------------------|----|

|              |    |
|--------------|----|
| Tiermaterial | 25 |
|--------------|----|

|          |    |
|----------|----|
| Methodik | 26 |
|----------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| Röntgentechnik | 26 |
|----------------|----|

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Ausmessung der Aufnahmen | 27 |
|--------------------------|----|

|            |    |
|------------|----|
| Ergebnisse | 31 |
|------------|----|

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Röntgenuntersuchungen an Metakarpal-<br>knochen von Schlachtrindern ohne<br>Aortenverkalkung | 31 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Röntgenuntersuchungen an Metakarpal-<br>knochen von Schlachtrindern mit<br>verschiedengradiger Aortenverkalkung | 36 |
| Röntgenuntersuchungen am Metakarpus<br>von lebenden Rindern ohne klinische<br>Erscheinungen der Kalzinose       | 38 |
| Röntgenologische Untersuchungen am<br>Metakarpus in Beständen mit<br>Enzootischer Kalzinose                     | 40 |
| Röntgenuntersuchungen an Metakarpal-<br>knochen von Schafen                                                     | 50 |
| DISKUSSION                                                                                                      | 52 |
| ZUSAMMENFASSUNG - SUMMARY                                                                                       | 63 |
| LITERATURVERZEICHNIS                                                                                            | 68 |

## EINLEITUNG UND PROBLEMATIK DER AUFGABENSTELLUNG

Die Enzootische Kalzinose beim Rind wird seit Anfang der sechziger Jahre in Grünlandbetrieben des bayerischen und österreichischen Alpenvorlandes beobachtet.

Die klinische Diagnose stützt sich auf die Feststellung von Abmagerung, Leistungsminderung und Störungen am Bewegungs-, Kreislauf- und Atmungsapparat; sie wird gestützt durch die Ermittlung eines erhöhten Gehaltes an anorganischem Phosphor im Blutserum im Rahmen einer Bestandsuntersuchung. Pathologisch-anatomisch ist die chronisch verlaufende Erkrankung durch Verkalkungen in verschiedenen Weichgeweben, vor allem in den Blutgefäßen charakterisiert; die Knochen erscheinen verdickt und härter als sonst (DIRKSEN, 1969; LIBISELLER und GUNHOLD, 1969; DIRKSEN et al., 1970; KÖHLER und LIBISELLER, 1970). Im histologischen und mikroradiographischen Bild stellen sich die Skelettveränderungen als systemisierte Osteomyelosklerose dar (DÄMMRICH et al., 1970).

Als Ursache dieser Kalzinose konnte ein im Alpenvorland (in Höhen von 500 - 1200 m) weit verbreitetes Futtergras, der Goldhafer (*Trisetum flavescens* (L.) P.B.) nachgewiesen werden (DIRKSEN et al., 1972, 1973, 1974). Als aktives kalzinogenes Prinzip wird eine Substanz vermutet, die eine ähnliche Wirkung wie Vitamin D besitzt. Eine Überdosierung von Vitamin D verursacht vergleichbare Verkalkungen und verstärkte Mineralablagerung in den Knochen (CAPEN et al., 1966; LINDT, 1968). ZUCKER, KREUZBERG und RAMBECK (1977) gelang es, aus lyophilisiertem *Trisetum* eine biologisch hochaktive Fraktion mit Steroidcharakter zu extrahieren; offensichtlich handelt es sich dabei nicht um Vitamin D<sub>3</sub> (Cholecalciferol) oder den Vitamin D-Metaboliten 1,25 Dihydroxycholecalciferol. In Versuchen von WASSERMAN, KROOK und DIRKSEN (1977) zeigte sonnengetrockneter Goldhafer einen deutlichen antirachitischen Effekt am Küken, während er unter den vorliegenden Bedingungen bei den unter Strontiumhemmung stehenden

Küken keine dem 1,25 Dihydroxycholecalciferol entsprechende Wirkung erkennen ließ.

Andere mit Verkalkungen einhergehende Erkrankungen beim Rind und bei der Ziege sind beschrieben worden als "Manchester Wasting Disease" auf Jamaika (ARNOLD und FINCHAM, 1950; ARNOLD, 1954), als "Naalehu Disease" des Rindes auf Hawaii (LYND et al., 1965), bei Rindern auf Papua Neuguinea (COPLAND, 1975) und bei Ziegen in Israel (NEUMANN et al., 1973). Die in Argentinien als "Enteque seco" (COLLIER, 1927; CARILLO und WORKER, 1967) und in Brasilien als "Espichamento" (DÖBEREINER et al., 1971) bekannte Verkalkungskrankheit des Rindes wird durch die Aufnahme der Pflanze *Solanum malacoxylon* Sendtner (Syn. *Solanum glaucophyllum* (S.G.) ) verursacht. In Florida ruft die Solanazee *Cestrum diurnum* die bei Pferden und Rindern beschriebene Kalzinose hervor (KROOK et al., 1975 a, b).

Histologische und mikroradiographische Untersuchungen ergaben, daß die Osteosklerose bei den Kalzinosen in Südamerika, "Espichamento" und "Enteque seco" den bei der Enzootischen Kalzinose gefundenen Skelettveränderungen entspricht (CARILLO, 1971; DÄMMRICH et al., 1970, 1975; DÖBEREINER und DÄMMRICH, 1974). Eine Osteosklerose wurde auch bei der in Florida beobachteten Verkalkungskrankheit gefunden (KROOK et al., 1975 a, b).

Wie zuvor dargelegt, wurden bei den Rinderkalzinosen nur mikroradiographische Aufnahmen durchgeführt. Es liegen bislang keine Mitteilungen vor, ob diese Knochenveränderungen auch mit gewöhnlichen Röntgenverfahren makroskopisch festgestellt werden können. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es, zunächst zu prüfen, ob die Skelettveränderungen röntgenologisch faßbar sind. Danach sind Parameter zu erstellen, die eine Röntgendiagnose der Kalzinose im Bestand und am Einzeltier ermöglichen.

## LITERATURÜBERSICHT

### Skelettveränderungen bei verschiedenen Verkalkungskrankheiten

#### Enzootische Kalzinose

Die bei der Kalzinose auftretenden Bewegungsstörungen bestimmen das Krankheitsbild. Erkrankte Tiere stehen ungern auf, verharren längere Zeit auf den Karpalgelenken und stehen dann mit gekrümmten Rücken und im Karpus gebeugten, auswärts gedrehten Vordergliedmaßen. Häufig "trippeln" sie, indem sie besonders die Vordergliedmaßen wechselnd be- und entlasten.

Bei fortgeschrittener Kalzinose sind die digitalen Beuge-sehnen der Vorderextremitäten auf Grund feiner Kalkeinlagerungen klinisch deutlich verhärtet. An den Vordergliedmaßen fühlt man zuweilen eine auffällig kräftige Pulsation der Digitalarterien; bei fortgeschrittener Verkalkung jedoch manchmal nur noch einen harten Strang.

Bei äußerlicher Betrachtung der freigelegten Knochen waren keine Veränderungen festzustellen. Beim Zersägen erschienen sie jedoch härter und dichter als normale Knochen (DIRKSEN et al., 1970; SPIESS, 1974). Gleiche Befunde beschrieben KÖHLER und LIBISELLER (1970) bei Patienten in Österreich. Je länger die Krankheit bestand, desto schwerer waren die Knochen schneidbar. Die Kompakta der Röhrenknochen erwies sich als breiter als bei Vergleichstieren.

Von 8 an Kalzinose erkrankten Kühen wurden folgende Skelettabschnitte histologisch und mikroradiographisch untersucht (DÄMMRICH et al., 1970; DIRKSEN et al., 1971): proximaler Metakarpus und Karpalknochen, Wirbelkörper, Beckenknochen, Scapula, Tarsus und proximaler Metatarsus, distaler Radius, distales Femur, distale Tibia, Unterkiefer und Rippe. An den verschiedenen Knochen wurden gleichartige Veränderungen mit nur geringen Unterschieden festgestellt. Bei allen 8 Kühen waren auch der proximale Metakarpusabschnitt und die Karpalknochen verändert. Fünf

Kühe wiesen an diesen Knochen eine hochgradige Osteosklerose sowohl der Spongiosa als auch der Kompakta auf. In den spongiösen Abschnitten der Knochen führte neugebildetes Knochengewebe zu einer Einengung der Markräume. Die Spongiosabälkchen waren durch angeschiedetes lamelläres Knochengewebe mehr oder weniger stark verbreitert. Auch zeigten sich sekundäre Spongiosabälkchen, die von einem schmalen Endost bedeckt waren. Bei drei Kühen war eine Neubildung von Knochengewebe unter dem Periost nachweisbar; die Röhrenknochenkortikalis wurde von einer schmalen Zone neugebildeter Radiär- und Tangentiallamellen bedeckt. Ein vermehrter Abbau des Knochengewebes wurde bei zwei Kühen festgestellt, wobei bei einer Kuh lamelläres Knochengewebe die Resorptionslakunen wieder ausfüllte. Mikroradiographische Untersuchungen ergaben, daß die inneren Generallamellen dichter mineralisiert waren als bei anderen Tieren und die Röntgenstrahlen im selben Ausmaß absorbierten wie die äußeren Generallamellen. Die Mineralisation des zuletzt gebildeten Knochengewebes überstieg das normale Maß. Diese Befunde entsprechen einer das ganze System betreffenden Osteomyelosklerose (endostale Hyperostose). Bei allen Tieren wiesen der Metakarpus und die Tarsalknochen extrem große und vertiefte Synovialgruben auf. Bei drei Rindern war der Gelenkknorpel verdünnt und bei einer Kuh waren die dorsalen Abschnitte der proximalen Gelenkfläche des Metakarpus und des Metatarsus vom Knorpel entblößt. Die Gelenkveränderungen wurden bei den drei Tieren als "Atrophie des Gelenkknorpels" und bei der Kuh als "Arthrose" angesprochen (DÄMMRICH et al., 1970). Ebenso fanden KÖHLER und LIBISELLER (1970) bei Kühen, die schon lange und schwer erkrankt waren, Knorpelusuren an den Tarsal- und Karpalgelenken. Bei einigen untersuchten Gelenken lagen abgesprengte Knorpelstücke frei auf der Gelenkfläche.

Die Gelenkveränderungen stehen nicht im direkten Zusammenhang mit der Kalzinose, sondern "scheinen die Folge unphysiologischer Belastungen infolge schmerzhafter Zustände zu sein" (DIRKSEN et al., 1971).

Nach den pathologisch-anatomischen Untersuchungen an Tieren mit spontaner Kalzinose wurden zur weiteren Klärung verschiedene Versuche durchgeführt. Was Beobachtungen über die Knochen- und Sehnenveränderungen anbelangt, so wurden nach täglicher Verfütterung von grünem, frisch gemähten Goldhafer an Schafe über eine Versuchsdauer von fünf Monaten makroskopisch erkennbare Verkalkungen in den Beugesehnen der Vordergliedmaßen festgestellt (LIBISELLER et al., 1976). In den Knochen verursachte Goldhafer auch bei dieser Tierart eine verstärkte Mineralisierung, besonders in den epiphysären Abschnitten. An den Spongiosabälkchen der Diaphyse wurde Knochengewebe angelagert. Ebenso stellten die Autoren herdförmige Nekrosen an den Gelenkknorpeln fest.

Hinsichtlich der Beziehungen zum Alter der erkrankten Tiere ist folgendes festzustellen: Der früheste Zeitpunkt, zu dem eine Trisetum-Kalzinose beim Rind beobachtet wurde, lag bei 6 bis 8 Monaten; am häufigsten ist die Kalzinose jedoch bei Tieren in einem Alter von 3 bis 4 Jahren festzustellen (DIRKSEN et al., 1970). Bei systematischen Bestandskontrollen in einem Allgäuer Betrieb wurden die ersten klinischen Erscheinungen der Kalzinose bei der eigenen Nachzucht des Bestandes nach dem 3. Lebensjahr festgestellt. Sechs zugekaufte Kühe zeigten schon nach 1 bis 1,5 Jahren die ersten Anzeichen einer Kalzinose. Dieser Unterschied erklärt sich in dem betroffenen Betrieb dadurch, daß die Jungrinder der bestandseigenen Nachzucht bis zum Alter von 2 Jahren im Sommer auf betriebsfremde Bergweiden gehen, wo Goldhafer nur in geringem Maße vertreten ist. Somit ergeben sich etwa gleiche Zeiträume der Goldhaferaufnahme für beide Gruppen (DIRKSEN et al., 1970; SPIESS, 1974). In der genannten Rinderherde zeigten sich des weiteren auch individuelle Unterschiede: Einige Kühe

erkrankten später als ihre Altersgenossen oder blieben frei von klinischen Erscheinungen. Ansonsten ergaben die Erhebungen über die Krankheitsfrequenz, daß zeitweise bis 50% des Bestandes sichtbar betroffen sein können (DIRKSEN et al., 1970; DIRKSEN et al., 1971; SPIESS, 1974; LIBISELLER et al., 1975).

LIBISELLER et al. (1974) ließen Schafe auf einer Gräserfläche mit einem Goldhaferanteil von 5-10% weiden. Erst nach der zweiten Weideperiode waren "ausgeprägte Krankheitszeichen" vorhanden.

### Hypervitaminose D

Iatrogene Intoxikationen durch Überdosierungen von Vitamin D beim Rind wurden beschrieben, seitdem hohe Dosen von Vitamin D<sub>3</sub> zur Vorbeuge der hypokalzämischen Gebärparese eingesetzt wurden (COLE et al., 1957; STÖBER, 1970). Schon mit einer 10-tägigen Zufütterung von 30 Mill. U.S.P.-Einheiten Vitamin D konnten CAPEN et al. (1966) bei einer Kuh Verkalkungen im Endokard des linken Vorhofs auslösen. Die kardiovaskuläre Mineralisation war nach 21- und 30-tägiger Zufütterung stark ausgedehnt. Tragende Kühe zeigten stärkere Veränderungen als nichttragende. Gegenwärtig wird die Prophylaxe der Gebärparese mit einer ein- bis zweimaligen Injektion von 5-10 Mill. I.E. Vitamin D<sub>3</sub> durchgeführt. Aber auch hierbei können, und zwar nach wiederholter Applikation oder Überschreiten der Dosis, Gefäßverkalkungen auftreten (SEEKLES et al., 1958; WILSON, 1964; PAYNE, 1970).

Auf die Ausprägung der durch Vitamin-D-Intoxikation bedingten Kalzinose haben viele Faktoren einen Einfluß: Die Empfindlichkeit ist individuell verschieden sowie tierart- und altersabhängig. Sie nimmt von der Maus über Kaninchen, Katze, Ratte, Meerschweinchen, Hund, Schwein zum Rind hin ab. Junge und kranke Tiere sind anfälliger als alte und gesunde. Die orale Zufuhr führt schneller zur Intoxikation als die parenterale Verabreichung. Hohe

Dosen von Vitamin D<sub>3</sub> sind toxischer als von Vitamin D<sub>2</sub> (HÄNI et al., 1975). Die Vitamin-D-Toleranz ist auch bedingt durch den Gehalt an Mineralstoffen in der Fütterung (HÄNICHEN et al., 1974).

Die Befunde der bei experimenteller Hypervitaminose D auftretenden Skelettveränderungen waren abhängig von den Versuchsbedingungen, der Dosishöhe, der Applikationsdauer, den Intervallen der Applikation, sowie der Einwirkungszeit und der Versuchsphase (DÄMMRICH, 1963; OBEL, 1969, HÄNI et al., 1975). Daher waren die von verschiedenen Autoren bei Versuchen an Ratten beobachteten Skelettveränderungen nicht einheitlich (OBEL, 1969).

Einmal führten kleine Dosen von Vitamin D zum Abbau, und höhere, über längere Zeit verabreichte Dosen zur Sklerosierung des Knochengewebes (HASS et al., 1958). KELLNER (1933) fand dagegen schon nach kurzer Versuchszeit eine vermehrte Bildung von Osteoid, woraus nach Mineralisierung das Bild der Osteosklerose entstand. Nach längerdauernder Verabreichung wurde das vermehrt gebildete Knochengewebe wieder abgebaut, die Kompakta wurde schmaler.

DÄMMRICH (1963) hat bei seinen Versuchen an Ferkeln "zwei Entwicklungsstufen eines einheitlichen Ablaufs" gesehen. In den Anfangsstadien überwog der Knochenabbau durch Osteoklasten. Darauf folgte eine Periode gesteigerter Neubildung von zunächst nicht mineralisierendem Knochengewebe. Auf diese Periode kann wieder eine Phase des verstärkten osteoklastischen Abbaues folgen, der "Körper scheint sich bei weiterer Verabreichung auf die Überdosierung einzustellen" (DÄMMRICH et al., 1970; SCHEBITZ - BRASS, 1975). Diese Stadien können also auch "alternierend nacheinander beobachtet werden" (DÄMMRICH, 1970).

Laut DÄMMRICH et al. (1970) sind die experimentellen Arbeiten über Skelettveränderungen bei chronischer Hypervitaminose D "ausschließlich mit Jungtieren" durchgeführt worden. "Die Reaktion des Skeletts erwachsener Tiere ist unbekannt".

Veränderungen am Skelettsystem erwachsener Rinder waren nur selten Gegenstand näherer Untersuchungen. Auch fehlen systematische Untersuchungen von verschiedenen Phasen der Hypervitaminose D.

Bei den Versuchen von CAPEN et al. (1966) waren nach 21-tägiger Verfütterung von 30 Mill.U.S.P.-Einheiten Vitamin D die Knochen "beim Schneiden äußerst hart". In der Dicke der Kompakta konnte kein Unterschied zu der von Kontrolltieren gefunden werden.

Die histologische Untersuchung der Knochen von Kühen, die 21 und 30 Tage lang diese Dosis über das Futter erhalten hatten, ergaben eine gute Mineralisation der Kompakta und der Spongiosa, sowie eine geringgradige Zunahme der Spongiosabälkchen. Es wurde aber keine vermehrte Knochenresorption gefunden. Nach DÄMMRICH et al. (1970) sind jedoch auch diese Angaben "wenig aufschlußreich".

ROWLAND (1971) stellte nach Verabreichung von 30 Mill.I.E. Vitamin D über 3-10 Tage an Kühe bei "normalem" Kalzium- und Phosphorgehalt im Futter eine Hyperkalzämie und eine Zunahme des Knochenabbaues fest. Die Resorption des Knochengewebes wurde mikroradiographisch als verstärkte Porosität der Kompakta sichtbar.

Makroskopische Skelettveränderungen bei der "D-hypervitaminotischen Calcinose" beschrieb auch LINDT (1968): "Die Knochen waren glashart, stark splitternd bei gewaltsamer Zertrümmerung. Ihre Kompakta war deutlich verbreitert". Bei Röntgenaufnahmen am enthäuteten Präparat waren nur "zwischen beiden Fesselbeinen zarte, im Abstand von etwa 2 mm annähernd parallel verlaufende Schattenstreifen nachweisbar".

## Außereuropäische Verkalkungskrankheiten

Die durch die Aufnahme der Pflanzen *Solanum malacoxylon* in Südamerika und *Cestrum diurnum* in Florida hervorgerufenen Skelettveränderungen ähneln zwar der durch eine Hypervitaminose D verursachten Osteosklerose, bei ihnen fehlt jedoch, wie auch bei der Enzootischen Kalzinose, im Anfangsstadium der Knochenabbau, es kommt also nicht zu einer Freisetzung von Kalzium aus dem Knochen (DÄMMRICH, 1963; DÄMMRICH et al., 1970; DÖBEREINER und DÄMMRICH, 1974; DÄMMRICH et al., 1975; URIBE et al., 1974; KROOK et al., 1975 b; WASSERMAN, 1975 a). Bei diesen Verkalkungskrankheiten wird das neugebildete Knochengewebe stärker mineralisiert (DÄMMRICH et al., 1975).

LADIZESKY et al. (1974) konnten nach Verabreichung eines wäßrigen Extraktes von getrockneten *Solanum malacoxylon*-Blättern an rachitische junge Ratten eine Verkalkung der Epiphysenfugenplatte der Tibia mit Hilfe von Röntgenaufnahmen nachweisen.

CARILLO (1971) wies unter anderem auf eine durch periostale Apposition bedingte Verbreiterung der Kortikalis nach Intoxikation mit *Solanum malacoxylon* hin.

Bei einer Intoxikation mit *Solanum malacoxylon* reagierten jüngere Tiere mit einer stärkeren Hyperostose als ältere Rinder. Dies wird mit der höheren osteogenetischen Potenz der jüngeren Rinder erklärt (DÄMMRICH et al., 1975).

Seitdem bekannt geworden ist, daß die Blätter der Pflanze *Solanum malacoxylon* einen Stoff mit Vitamin-D-ähnlicher Wirkung enthalten (WORKER und CARILLO, 1967), wurde in weiteren Arbeiten versucht, die kalzinogene Substanz zu analysieren. WASSERMAN (1974) berichtete, daß mit der Nahrung zugeführtes Strontium, welches die Umwandlung des 25-OH-Vitamin  $D_3$  in das 1,25 Dihydroxycholecalciferol hemmt, die Wirkung von *Solanum malacoxylon* nicht unterbinden konnte. *Solanum malacoxylon* stimulierte die Synthese eines kalziumbindenden Proteins in der Darmschleimhaut und förderte dadurch die Resorption von Kalzium aus dem Darm.

Vitamin D wird in der Leber zu 25-Hydroxycholecalciferol, und dieses in der Niere weiter in 1,25 Dihydroxycholecalciferol umgewandelt. 1,25-(OH)<sub>2</sub>- Vitamin D<sub>3</sub> induziert in den Mukosazellen des Darmes die Synthese eines kalziumbindenden Proteins und fördert damit die Resorption von Kalzium im Dünndarm (NORMANN, 1974; WASSERMAN, 1974, 1975 a, b). Die Umwandlung von 25-OH-Vitamin D<sub>3</sub> durch die 1 $\alpha$ -Hydroxylase in der Niere wird durch verschiedene Signale an die Niere kontrolliert, um eine Kalziumhomöostase aufrechtzuerhalten (NORMANN, 1974).

Neuere Forschungen haben ergeben, daß das kalzinogene Agens in Solanum malacoxylon ein Steroidglykosid ist, welches 1,25 Dihydroxycholecalciferol als seine aktive Steroidkomponente enthält (HAUSSLER et al., 1976). Somit wird die Regulation der Produktion von 1,25 Dihydroxycholecalciferol in der Niere ausgeschaltet und Kalzium in einem Ausmaß aus dem Darm resorbiert, das der Menge des aufgenommenen 1,25-(OH)<sub>2</sub>-Vitamin D<sub>3</sub> und nicht dem Bedarf des Tieres entspricht. Dies führt zur Hyperkalzämie, Hyperphosphatämie, vermehrter Ausschüttung von Calcitonin und zur Kalzinose (WASSERMAN, 1975 a).

Auch die in Florida vorkommende Solanazee Cestrum diurnum hat eine 1,25-(OH)<sub>2</sub>-Vitamin D<sub>3</sub>-ähnliche Wirkung und induziert die Synthese des kalziumbindenden Proteins (WASSERMAN et al., 1975 b).

ARNOLD und BRAS (1956) fanden keine makroskopische und histologische Veränderungen an den Knochen von Rindern, die an der "Manchester Wasting Disease" erkrankt waren. Auf Grund chemischer Analysen stellten sie einen erhöhten Phosphor-Gehalt im Knochen fest.

Auch bei dieser Erkrankung war der Gelenkknorpel an seiner Oberfläche zerstört,

Bei der "Naalehu-Disease" beobachteten LYND et al. (1965) unregelmäßige Gelenkknorpelläsionen an mehreren Gelenken. Die Knochen erschienen härter und dichter, der histologische Aufbau wird jedoch als normal beschrieben.

## Heilung und Rückbildungsfähigkeit der Skelettveränderungen

An Kalzinose erkrankte Kühe zeigten nach einigen Monaten keine klinischen Störungen mehr, wenn sie frühzeitig in einen kalzinosefreien Betrieb gebracht wurden. Der auf Grund der Goldhaferaufnahme erhöhte Phosphorspiegel sank nach der Umstellung z.T. rapide ab (DIRKSEN et al., 1970; SPIESS, 1974).

KÖHLER et al. (1974) untersuchten ein Rind, welches sie 4 Jahre vorher von goldhaferhaltigen Weiden weggebracht und danach nur mit goldhaferfreiem Futter gefüttert hatten. Der Verkalkungsprozess war nicht weiter fortgeschritten, jedoch hatte keine Rückbildung der Verkalkungen stattgefunden.

Die von HÄNICHEN (1977) an Kaninchen durchgeführten Experimente ergaben, daß nach Absetzen der kalzinogenen Noxe langfristig sowohl die durch Vitamin D als auch die durch Goldhafer hervorgerufenen Verkalkungen teilweise rückgebildet werden. Besonders deutlich war die Resorption der Lungenverkalkungen, die bei einigen Tieren nach 18 Monaten nicht mehr nachweisbar waren. Vier Kaninchen zeigten 24 bzw. 26 Monate nach den Vitamin D<sub>3</sub>-Injektionen lediglich eine "geringe Lungenfibrose". In den Gefäßen war die Resorption weniger ausgeprägt, nach 2 und mehr Jahren waren die Verkalkungen "z.T. noch relativ stark". Die Verkalkungen bei spontaner Trisetum-Kalzinose des Rindes scheinen sich "prinzipiell gleichartig zu verhalten". Knochen wurden bei diesen Experimenten nicht untersucht.

In Brasilien wurden 2 spontan erkrankte Kühe noch über sechs Wochen bzw. 16 Monate gehalten ohne weitere Aufnahme von Solanum malacoxydon (DÄMMRICH et al., 1975). Nach der Schlachtung wurden bei der histologischen Untersuchung neben dem Bild der Osteosklerose auch Restitutionerscheinungen gefunden. Die Markfibrose war fast vollständig zurückgebildet, die Spongiosablöcher waren verhältnismäßig schmal. Das in der Krankheitsphase gebildete Knochengewebe verfiel dem osteoklastischen Abbau, der in der Rippenkompakta schon nach 16 Monaten "fast voll-

## Methoden zur Messung der Knochenmineralisation

Systemerkrankungen des Skeletts führen zu Störungen des Knochenumbaus, der mit einer Volumenabnahme (Osteoporose) oder einer Volumenzunahme (Osteosklerose) des Knochengewebes in den spongiösen Teilen einhergeht. Zu einem späteren Zeitpunkt erfährt auch die Diaphysenkompakta eine Verschmälerung oder eine Verdickung (HEUCK, 1969; SCHEBITZ-BRASS, 1975). Pathologische Veränderungen der Mineralkonzentration des Knochengewebes können mit Hilfe mikroradiographischer Untersuchungen erfaßt werden (HEUCK, 1969; ROWLAND, 1971, 1972).

Zur Messung der Knochenmineralisation in vivo werden verschiedene physikalische Verfahren angewendet, die sich in zwei Hauptgruppen einteilen lassen:

### a. Messung der Schwächung von Röntgenstrahlen oder $\gamma$ -Strahlen eines Radioisotops durch den Knochen

(FROMMHOLD und SCHÖNKNECHT, 1961, BÖRNER et al., 1971; WENTHWOORTH et al., 1971; POZZI, 1971, 1972, SIEMON et al., 1974; KILLIN, 1975; KROKOWSKI, 1975; POZZI und TRUCCHI, 1975, 1976; ZETTERHOLM, 1976).

### b. Messung mit Hilfe von Röntgenfilmen

Dazu werden bisher folgende zwei Methoden benutzt:

#### 1. Photometrische Ausmessung von Röntgenbildern = Densitometrie

(HEUCK, 1962; PRIOTH et al., 1966; H.E. MEEMA und S. MEEMA, 1969; von GABEL et al., 1974).

#### 2. Direkte Ausmessung der Knochendicke auf Röntgenfilmen = Osteometrie, Morphometrie

(BARNETT und NORDIN, 1966; BONNARD, 1968; EXTON-SMITH et al., 1969 a, b; BREITLING und HINESS, 1973; E. MANZKE und H. MANZKE, 1973; POZZI und FORNELLI, 1974; FORNELLI, 1975).

In der Humanmedizin werden diese Verfahren zur quantitativen Erfassung der Osteoporose benutzt. In der Veterinärmedizin gewinnt die Erforschung von Änderungen der Knochenmineralisation im Zusammenhang mit der Prophylaxe der Gebärpause und der Osteomalazie zunehmend an Bedeutung. Dabei werden die in der humanmedizinischen Forschung beschriebenen Verfahren übernommen und für die Erfordernisse am Tier adaptiert.

Die Absorption der Röntgenstrahlen und der  $\gamma$ -Strahlen ist von der Dicke und der Dichte des durchstrahlten Knochens abhängig (HEUCK et al., 1973).

WENTHWORTH et al. (1971) benutzten monoenergetische  $\gamma$ -Strahlen bei verschiedenen Tierarten, um den Einfluß verschiedener Kalziumkonzentrationen im Futter auf den Mineralgehalt des Knochens zu untersuchen. Sie beobachteten die Remineralisation im Knochen, nachdem sie nach einer experimentellen kalziumarmen Ration wieder ausreichend Kalzium zufütterten. Mit dieser Methode konnten sie Änderungen des Mineralgehaltes im Knochen von 3% feststellen.

An Schwanzwirbeln von Kühen bestimmten ZETTERHOLM und DALEN (1976) mit Hilfe einer dichromatischen Photonenabsorptionsmessung die Knochenmineralisation während der Laktation und bei unterschiedlichem Kalziumgehalt des Futters.

Mit einem Szintillationszähler maßen POZZI und TRUCCHI (1976) die Absorption von  $\gamma$ -Strahlen am Metakarpus und Metatarsus und stellten mit Hilfe dieser Technik eine Abnahme der Mineralisation dieser Knochen bei chronischen Erkrankungen des Respirations- und Digestionstraktes fest.

Erst bei einem Kalkverlust im Knochen von mehr als 30% ließ sich die vermehrte Strahlendurchlässigkeit durch bloße Betrachtung des Röntgenbildes erkennen (RUTISHAUSEN und MARTIN, 1942; BÖRNER et al., 1971). BENZIE et al. (1957) konnten bei lebenden Schafen erst bei einer Abnahme um 40% die verminderte Mineralisation sicher feststellen.

Deshalb wurde die vergleichende Schwärzungsmessung des Röntgenfilmes mit Hilfe von Referenzsystemen eingeführt (HEUCK et al., 1973).

PRIBOTH et al. (1966) benutzten als Vergleichskörper eine Treppe mit verschiedenem Gehalt an Knochenasche und röntgten die Schwanzwirbel von Bullen im Wasserbad, um auf diese Weise dieselbe Röntgenstrahlenabsorption und denselben Streueffekt für den zu untersuchenden Knochen und die Vergleichstreppe zu erreichen.

Die modernen densitometrischen Untersuchungsmethoden erbringen relativ exakte Messungen, verlangen jedoch einen großen technischen Aufwand, verschiedene und teure Meßapparaturen und besondere Kenntnisse des Untersuchers (E. MANZKE und H. MANZKE, 1973).

Die Osteometrie dagegen ist einfach durchzuführen und hat sich auch in klinischen Untersuchungen bewährt.

GARN et al. (1968) stellten auf Grund ihrer Untersuchungen fest, daß die densitometrische Bestimmung der Diaphysen-kompakta keine genaueren Werte als die osteometrische ergibt. BREITLING und HINES (1973) fanden, daß die direkte Ausmessung der Kompaktadicke der Photometrierung vorzuziehen ist.

Nach H.E. MEEMA und S. MEEMA (1969) konnten Mineralisationsstörungen im Anfangsstadium der Osteoporose nur mit der Densitometrie erkannt werden; Dickenmessungen waren jedoch nur ausreichend zur Diagnose der ausgeprägten Osteoporose.

H.E. MEEMA und S. MEEMA (1969) prägten den Begriff der "kombinierten Kompaktadicke". Man versteht darunter die Summe der in Millimetern gemessenen medialen und lateralen Kompaktadicke von in antero posterior Position geröntgten Knochen.

Andere Autoren benutzten den von BARNETT und NORDIN (1960) aufgestellten morphologischen Begriff "Kompaktaindex". Diese dimensionslose Größe gibt das Verhältnis von "kombinierter Kompaktadicke" zur Diaphysenbreite wieder (E. MANZKE und H. MANZKE, 1973).

BONNARD (1968) gewann die Meßwerte unter Verwendung eines besonderen Vergrößerungsglases mit eingebautem Millimetermaß. Er berechnete die Querschnittsfläche des zweiten Metakarpalknochens von Kindern wie die Fläche eines Hohlzylinders.

EXTON-SMITH et al. (1969 a, b) benutzte den Index  $(D^2 - d^2)$ :  $D \cdot L$ , um Unterschiede in der Größe des Skeletts zwischen Individuen und den Geschlechtern auszuschalten. "D" gibt den in der Mitte des Schaftes gemessenen äußeren Durchmesser an, "d" den an derselben Stelle gemessenen Durchmesser der sekundären Markhöhle (Cavum medullare). "L" ist die Gesamtlänge des Knochens.

Dieser Index diente POZZI und FORNELLI (1974; FORNELLI, 1975) zur Feststellung des Grades erhöhter oder mangelnder Mineralisierung an Metakarpal- und Metatarsalknochen von Kälbern.

SIEMON et al. (1974) wandten bei ihren Untersuchungen alle drei Verfahren an und verglichen die Ergebnisse mit dem Spezifischen Gewicht der jeweiligen Knochen, welches sie nach einer von ihnen beschriebenen Methode bestimmt hatten. Sie führten Messungen am Mittelpunkt der Diaphyse des Metakarpalknochen von Schafen durch und errechneten in Anlehnung an EXTON-SMITH den Index  $(D^2 - d^2)$  :  $D^2$  als Maß des kompakten Knochens innerhalb der angenommenen Querschnittsfläche an diesem Punkt. Bei diesem Vergleich ergab sich nur eine sehr geringe Korrelation der Werte.

Von den spongiosareichen Knochen wurden Schwanzwirbel von Rindern, Talus und Calcaneus von Rindern und Schafen mit Hilfe der anderen Verfahren untersucht. Zur Schwärzungsmessung des Röntgenbildes diente als Vergleichskörper eine Aluminiumtreppe. Als  $\gamma$ -Strahler wurde  $^{241}\text{Am}$  benutzt. Die besten Ergebnisse erhielten die Autoren bei den mit einem Densitometer durchgeführten Messungen von Röntgenbildern des Os tarsi tibiale von Schafen und aus Messungen der Absorption der  $\gamma$ -Strahlen am Talus von Schafen und am Os tarsi fibulare von Rindern.

Eine ganz andere Methode beschrieb SANSOM (1969). Er vergrößerte die Röntgenaufnahmen von Schwanzwirbeln von

Kühen, schnitt die Wirbelumrisse aus und wog sie. Danach schnitt er das Gebiet der Kompakta aus und wog auch diesen Bildausschnitt. Er verglich dann das Verhältnis beider Messungen bei verschiedenen laktierenden und trächtigen Kühen.

Von einigen Autoren wurden auch histologische Untersuchungen bioptisch entnommener Knochengewebsproben durchgeführt (LITTLE, 1972; SEFFNER et al., 1976).

#### Änderungen des Mineralgehaltes des Tierskelettes in Abhängigkeit von Alter, Fütterung, Laktation und Trächtigkeit

Das Skelett erfüllt neben seiner Stützfunktion auch die Funktion eines Depotorgans für Kalzium. Über das "mobile" Kalzium kann der Organismus bei Bedarf rasch verfügen. Zur Aufrechterhaltung der Kalziumhomöostase in den Körperflüssigkeiten stehen 10% der im Knochengerüst eingelagerten Mineralsalze als Reserve zur Verfügung (DÄMMRICH, 1970; ROSENBERGER, 1970; SCHEBITZ-BRASS, 1975). Sind die Vorräte erschöpft, wird das im Knochen in Form der Hydroxylapatitkristalle deponierte "fixe" Kalzium freigesetzt. Diese Mobilisierung geschieht jedoch nur durch zelligen Abbau des Knochengewebes, der vom Parathormon induziert wird (DÄMMRICH, 1970).

Beim erwachsenen Tier kennzeichnen fortlaufende Umbauvorgänge das Knochengewebe als Mausergewebe. Die Ab- und Anbauprozesse sind quantitativ ausgeglichen und werden "hauptsächlich als Anpassungsreaktion an die ständig wechselnde statisch-mechanische Beanspruchung des Skeletts " verstanden (DÄMMRICH, 1970).

Der spongiöse Knochenanteil nimmt auf Grund seiner relativ großen Oberfläche mehr als der kompakte an den Umbauvorgängen teil. Deshalb sind bei einem Knochenabbau die spongiosareichen Rippen, Wirbeln und Beckenknochen stets stärker betroffen als die langen Röhrenknochen (SCHEBITZ-BRASS, 1975; DÄMMRICH, 1975).

In den langen Knochen ist vor allem die Spongiosa in den Enden zuerst und am intensivsten den Veränderungen unterworfen. Der kompakte Knochen wird nur im geringen Umfange resorbiert, außer bei besonders schweren Kalziummangelzuständen. Dann werden die metaphysäre und zuletzt die diaphysäre Kortikalis in den Abbau einbezogen (BENZIE et al., 1955, 1957; SCHEBITZ-BRASS, 1975; DÄMMRICH, 1976).

Aus diesem Grunde führten viele Autoren ihre Untersuchungen an den spongiosareichen Schwanzwirbeln von Tieren durch. Diese sind auch keinen statischen Einflüssen unterworfen, während die Spongiosabälkchen der Röhrenknochen "als Zug und Druck aufnehmende Trajektorien" (DÄMMRICH, 1970) auf Änderungen der mechanischen Belastung, wie sie besonders bei Lahmheiten auftreten, mit Umbauvorgängen reagieren (BENZIE et al., 1955; SANSOM, 1969; SIEMON und MOODIE, 1974, ZETTERHOLM, 1976 a-c).

Es läßt sich allerdings bisher nicht übersehen, ob die an den Schwanzwirbeln ermittelten Werte dem tatsächlichen Mineralgehalt im Skelett entspricht (DALEN, 1973; ZETTERHOLM, 1976 b).

BENZIE et al. (1956) fanden den Radius und Unterkiefer von Schafen geeigneter als Schwanzwirbel zur röntgenologischen Untersuchung verschiedener Grade des Mineralisationsverlustes.

Im Skelett junger Tiere finden Umbauvorgänge in großem Umfange statt, und es besteht deshalb zum großen Teil aus jungem, nicht vollständig mineralisiertem Knochengewebe. Bei ausgewachsenen Tieren ist die Umbaurate geringer (HANSARD et al., 1954; SCHMID, 1968). ZETTERHOLM (1976 a) fand bei seinen Untersuchungen an 14 Zwillingspaaren von Kühen unterschiedlichen Alters, daß auch im Knochengewebe älterer Milchkühe Umbauvorgänge in "vergleichsweise hoher Rate" auftreten. Während des einjährigen Beobachtungszeitraumes kam es zu großen individuellen Schwankungen des Knochenmineralgehaltes, die sogar bei Zwillingen mit "relativ übereinstimmendem" Abkalbetermin einen unterschiedlichen Verlauf zeigten.

Im höheren Lebensalter kann durch Ausfall der anabolen Wirkung der Geschlechtshormone die Neubildung des Knochengewebes den Abbau nicht mehr ausgleichen, es entsteht das Bild der Altersatrophie (DÄMMRICH, 1970; SCHEBITZ-BRASS, 1975). Bei der präsenilen Osteoporose des alternden Menschen nimmt der Gesamtgehalt an Kalzium in dem Maße ab, in dem die Atrophie des Knochengewebes fortschreitet. Der "Anteil des Kalzium am Knochen bleibt konstant" (FOURMANN, 1963). Es treten also keine Mineralisationsstörungen im Knochengewebe auf (DÄMMRICH, 1967).

Nicht alle alten Tiere erkranken an einer Osteoporose. Eine individuelle Disposition und chronische Erkrankungen oder Ernährungsstörungen sind weitere Voraussetzungen. So fand DÄMMRICH (1967) bei seinen Untersuchungen nur bei einer 16 Jahre alten Ziege eine "ausschließliche Altersporose". Über Rinder liegen keine Untersuchungen vor (SCHEBITZ-BRASS, 1975).

Röntgenologisch läßt sich die Osteoporose meist erst in weit vorgeschrittenen Stadien auf Grund der gleichmäßigen Knochengewebsabnahme feststellen (SCHEBITZ-BRASS, 1975). Diese wird sichtbar vor allem an der endostalen Kompaktangrenze, die an Schärfe verliert. Die Markhöhle wird weiter (FOURMANN, 1963). Histologische Untersuchungen ergaben, daß die Dicke der Kortikalis durch exzentrische Atrophie abnimmt. Dies ist in den Röhrenknochen am ausgeprägtesten (DÄMMRICH, 1970).

Eine Osteoporose kann sich auch entwickeln als Folge einer endokrinen Dysfunktion, einer Resorptionsstörung bei chronischer Enteritis oder einer Mangelernährung.

RENK (1961) beschreibt eine alimentär bedingte Osteoporose bei jungen männlichen und weiblichen Rindern in bestimmten Gegenden der Schweiz, Österreichs und Deutschlands. Als Ursache wird Mangel an Eiweiß, Vitaminen und Spurenelementen angegeben. Die äußerlich kaum veränderten Knochen zeigten histologisch eine sehr geringe Ausbildung der Spongiosabälkchen.

Eine marantische Osteoporose (Inanitionsatrophie, Hunger-osteopathie (NIEBERLE-COHRN, 1970)) erzeugten PRATT et al. (1964) experimentell bei Ferkeln. Femur und Humerus der Ferkel wiesen eine dünnere Kompakta und einen weiteren Schaft auf.

Um die Stützfunktion des Skeletts möglichst lange zu erhalten, breiten sich die Knochenveränderungen bei einer Osteoporose in folgender Reihenfolge aus: Rippen, Wirbelkörper, Schulterblatt, Schädel und zuletzt Röhrenknochen. In den Röhrenknochen nehmen meistens nur die Spongiosabälkchen an Dicke und Anzahl ab, "unter Schonung der statisch wichtigen Trajektorien" (DÄMMRICH, 1967; SCHEBITZ-BRASS, 1975).

Normale Knochenbildung und Wachstum sowie Erhaltung des Mineraldepots im Skelett werden vom Zusammenwirken der drei Faktoren Kalzium, Phosphor und Vitamin D bestimmt. Zur Aufrechterhaltung der Kalziumhomoöstase greifen das Parathormon und das Calcitonin direkt am Knochengewebe an (SCHEBITZ-BRASS, 1975).

Zu hohe Kalziumzufuhr führt zu einer erhöhten Produktion von Calcitonin. Der dadurch verminderte Knochenabbau bewirkt eine Zunahme des Mineralgehaltes, der Knochenmasse und der Kompaktadicke im Laufe der Jahre (KROOK et al., 1971). Dies gibt ZETTERHOLM (1972) als Ursache für das Auftreten von Osteopetrose und Hyperostose bei Bullen und Kühen an. In den betroffenen Herden hatten ältere Kühe eine dickere Kompakta als jüngere. Durch die Ausmessung von Röntgenaufnahmen stellte er mit Zunahme des Alters eine Erhöhung des Quotienten "Gesamtdiaphysenbreite zu Markhöhlenbreite" fest.

DOWE et al. (1957) konnten jedoch mit einseitigem Kalziumüberschuß weder eine Osteosklerose noch Gewebsverkalkungen erzeugen, sondern das einseitige Kalzium-Überangebot führte eher zur Osteomalazie.

In einem Experiment wurden größere Mengen von Kalzium und Phosphor verfüttert, die zugleich in einem günstigen Verhältnis zueinander standen (WERNER, 1964). Durch diese

Fütterung wurde der Serum-Kalzium- und Phosphor-Spiegel vorübergehend erhöht.

Laut einer zusammenfassenden Darstellung von DIRKSEN et al.(1970) konnten bislang keine der Kalzinose vergleichbare Verkalkungen durch ein Überangebot von Kalzium oder Phosphor in der Fütterung erzeugt werden.

Eine Mangelsituation an Mineralstoffen kann am Skelett zu Mineralstoffwechselstörungen führen. Nach Verfütterung verschiedener Kalziummengen an Schafe konnten BENZIE et al.(1956) röntgenologisch keine Gruppenunterschiede feststellen. Durch Bestimmung des Aschegehaltes war dies jedoch möglich. Bei Kalziummangel fanden sie Knochenresorption in größerem Ausmaße auch in den Enden von Röhrenknochen, und zwar signifikant im distalen Ende des Metakarpus und im proximalen Ende des Radius. Der Schaft zeigte keine Anzeichen einer Resorption.

Durch Verfütterung einer kalziumarmen Diät konnte ROWLAND (1972) bei Milchkühen eine signifikante Hypokalzämie und eine Verdoppelung der Knochenresorptionsrate hervorrufen. Vom 20. bis 30. Tag der Zufütterung wurden 30 Mill.I.E. Vitamin D pro Tag verabreicht. Dies bewirkte eine Zunahme der Knochenresorption um das Fünffache und verhinderte die Entstehung einer Hypokalzämie.

Als endogene Faktoren beanspruchen Trächtigkeit und Laktation beim Rind das Skelett als Depotorgan besonders stark und über eine relativ lange Zeit (SCHEBITZ-BRASS, 1975; SEFFNER et al., 1976).

Mit Beginn der Laktation werden Kalzium und Phosphor aus dem Skelett nicht durch Demineralisation sondern durch Knochenabbau freigesetzt (BENZIE et al., 1955; RAMBERG et al., 1970; ROWLAND, 1971, 1972; ZETTERHOLM, 1976 a). Dabei beschränkt sich die Resorption hauptsächlich auf den spongiösen Anteil. Der Knochenabbau ist 7 bis 10 Tage post partum auf das dreifache der Anbaurrate gesteigert (ROWLAND, 1971).

ELLINGER et al.(1952) fanden bei Ratten eine Vergrößerung der Markhöhle während der Laktation. Während der nachfolgenden Trächtigkeit wurde durch Bildung von neuem endostalen Knochengewebe die resorbierte Region wieder ersetzt.

Wenn bei Schafen die Milchproduktion geringer wird oder zu Ende geht, beginnt wieder ein verstärkter Anbau von Knochengewebe. Während der nachfolgenden Trächtigkeit werden die Reserven vollständig aufgefüllt, wenn genügend Minerale für den Bedarf des eigenen und des sich entwickelnden foetalen Skeletts aufgenommen werden können. Ist dies nicht der Fall, werden dem mütterlichen Skelett Minerale für den Foetus entzogen. Der während der Trächtigkeit erfolgende Knochenanbau läßt sich röntgenologisch nicht mit Sicherheit feststellen (BENZIE et al., 1955).

ZETTERHOLM (1976 a) konnte mit der dichromatischen Photonenabsorptionsmessung bei Kühen die Zunahme des Mineralgehaltes während der letzten Wochen der Trächtigkeit bestimmen.

Nicht tragende und trockenstehende Kühe hatten einen signifikant höheren Anteil an kompakten Knochen im Schwanzwirbel als tragende und trockenstehende sowie laktierende und nicht trächtige Kühe (SANSOM, 1969).

SEFFNER et al.(1976) berichteten von einem Absinken der Spongiosabälkchendichte mit zunehmendem Lebensalter der Kühe. In ihren Untersuchungen fanden die Autoren eine gewisse Wiederauffüllung des Mineraldepots und eine prozentuale Zunahme des Bälkchenflächenanteils im Skelett gegen Ende der Laktation und während der Trächtigkeit. Die Ausgangswerte wurden jedoch im Unterschied zu den Ergebnissen bei Schafen im Durchschnitt nicht erreicht. Als Grund wurde die wesentlich höhere Milchleistung und die wesentlich kürzere Trockensteh-Zeit der Kühe angegeben.

Bei der hohen Milchleistung des Rindes wirken sich die Folgen einer ungünstigen Mineralstoffversorgung besonders

nachteilig aus (RENK, 1961). Kann die Nahrung das mit der Milch ausgeschiedene Kalzium und Phosphor nicht ausreichend ersetzen, wird das Speicherorgan Skelett überbeansprucht. Aber erst wenn die Mobilisierung von Kalzium und Phosphor aus dem Skelett den ständigen Einbau längere Zeit übersteigt, kommt es zu klinisch manifesten generalisierten Skeletterkrankungen wie Osteomalazie und Osteoporose (SEFFNER et al., 1976).

Die Osteomalazie wird durch Phosphormangel bei meist gleichzeitigem übermäßigem Kalziumgehalt der Nahrung ausgelöst. Sie kommt vor allem bei laktierenden Kühen vor. Heute spielt sie praktisch keine Rolle mehr (STÖBER, 1970; SCHEBITZ-BRASS, 1975).

Als endogene Ursache einer Osteomalazie sind neben Laktation und Gravidität Resorptionsstörungen von Kalzium, Phosphor und/oder Vitamin D anzusehen, die durch chronische Erkrankungen des Darmes, der Leber und der Bauchspeicheldrüse hervorgerufen werden können (SCHEBITZ-BRASS, 1975).

Beim gesteigerten inneren Umbau wird das neugebildete Knochengewebe nicht mineralisiert, es entsteht kalklos bleibendes Osteoid. Ist der Knochengewebsanbau vermindert, entsteht gleichzeitig eine Atrophie (DÄMMRICH, 1970). Beim Schneiden sind die Skelettknochen weich, ihre Kompakta ist rarefiziert (OBEL, 1969). Im Röntgenbild zeigen die Knochen eine vermehrte Strahlendurchlässigkeit. Die Kortikalis der Röhrenknochen erscheint porosiert, erfährt aber keine Dickenabnahme (SCHEBITZ-BRASS, 1975).

Blutwerte geben nur wenig oder keine Information über den aktuellen Stand der Mineralreserven im Körper. Sie zeigen nur manchmal Änderungen im Skelett an, lassen aber keine quantitativen Folgerungen zu. Geringe Kalzium- und Phosphorwerte weisen im allgemeinen auf eine Verminderung der Mineralreserven im Skelett hin. Aus normalen Werten kann nicht gefolgert werden, daß das Depot wieder aufgefüllt ist (BENZIE et al., 1959).

## Anatomie der Metakarpalknochen

Der 3. und der 4. Metakarpalknochen bilden beim Wiederkäuer den doppelröhrenförmigen Hauptmittelfußknochen (Röhrbein). Der 5. Strahl ist rudimentär nur proximal vorhanden. Das Röhrbein trägt zwei selbständig gebliebene Zehengelenkwalzen, die durch einen Zwischenrollenausschnitt getrennt sind. Durch die Wölbung der Dorsalfläche und die ebene Volarfläche hat der Hauptmittelfußknochen eine abgeplattete querovale Form. Auf beiden Flächen verlaufen je eine Längsrinne, die distal und proximal durch einen den Knochen durchbohrenden Kanal verbunden sind. Eine unvollständige, sagittale Scheidewand teilt die Markhöhle. Sie bildet sich im Alter stark zurück (NICKEL-SCHUMMER-SEIFERLE, 1968).

SCHILD (1962) untersuchte die Metakarpal- und Metatarsalknochen von 50 normal geschlachteten Kälbern, Rindern, Kühen und Stieren der Simmentalerrasse (Rotfleckvieh) unterschiedlichen Alters. Bei keinem Hauptmittelfußknochen fand er eine vollständig ausgebildete Scheidewand. Bei älteren Tieren war sie proximal nur schwach ausgebildet.

Die dickste Stelle der Kompakta lag proximal der Diaphysenmitte. Bei den Metakarpalknochen war der laterale Kompaktaanteil im Durchschnitt dicker als der mediale. Die dünnste Kompaktastelle befand sich am distalen Ende, im Übergang der Kompakta in die Spongiosa.

Die Metapodien variieren in Form und Größe je nach Rasse und Alter. Auch Ernährung und Klima rufen tiefgreifende Veränderungen der Wuchsform hervor (FOCK, 1966).

ZIETZSCHMANN-KRÖLLING (1955) geben an, daß der Epiphysenfugenschluß an den Mittelfußknochen im Alter von 2 bis 2 1/2 Jahren stattfindet. Dies gilt auch für das Höhenfleckvieh. Kühe des mittelfrühreifen Deutschen Braun-Braunviehs wiesen schon im Alter von 2 Jahren einen abgeschlossenen Epiphysenfugenschluß auf.

Nach KRAHMER (1972) ist bei Deutschen Schwarzbunten das Längenwachstum der Mittelhand nach dem ersten Lebensjahr im wesentlichen abgeschlossen.

Der Gesamtdurchmesser der Diaphyse und der kompakte Anteil des Röhrenknochens bestimmen seine Festigkeit und Tragfähigkeit (DÄMMRICH und UNSHELM, 1972).

Versuche an Schafen ergaben, daß eine Erhöhung des Körpergewichtes eine Zunahme der Knochendichte verursachte (SIEMON und MOODIE, 1973).

Bei Fütterungsversuchen mit eineiigen Zwillingsbullen wurde keine direkte Proportionalität zwischen höherem Körpergewicht und einer Flächenzunahme des Diaphysenquerschnittes von Radius und Metakarpus festgestellt. Der Kortikalisanteil an der Diaphysenquerschnittsfläche war bei den energetisch stärker gefütterten Bullen im Mittel um 3% größer als bei anders ernährten Tieren (ANDREAE und DÄMMRICH, 1972).

POZZI und TRUCCHI (1976) kamen auf Grund ihrer Messungen an Röntgenaufnahmen zu der Meinung, daß bei den von ihnen untersuchten Rindern der "Piemonteser"-Rasse unter einem Lebendgewicht von 250 kg die Diaphysenbreite und der Knochenmineralgehalt der Metakarpal- und Metatarsalknochen hauptsächlich auf Grund des Wachstums zunehmen. Nach Beendigung des Längenwachstums sind die durch die weitergehende Erhöhung des Körpergewichts bedingten statischen und mechanischen Kräfte nun die Ursache für eine Verbreiterung der Diaphyse und Zunahme der Mineralisation.

# EIGENE UNTERSUCHUNGEN

## Tiermaterial

Für die Aufstellung der Vergleichswerte wurden die nicht enthäuteten, frischen Metakarpalknochen von 55 Kühen der Rasse Deutsches Höhenfleckvieh (DFV) und von 25 Kühen der Rasse Deutsches Braunvieh (DBV) untersucht. Die Knochen wurden bei Schlachtungen an den Schlächthöfen in München und Kempten gewonnen. Kühe mit geringen Anzeichen einer Verkalkung in der Abdominalaorta wurden zur Erstellung der Vergleichswerte nicht herangezogen, sondern in einer eigenen Gruppe zusammengefaßt, um ihre Werte mit denen der Vergleichsgruppe zu vergleichen.

Die Altersbestimmung wurde an Hand des Zahnalters und der Hornringe vorgenommen. Die Altersverteilung ergibt sich wie folgt :

| Alter/<br>Jahre | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| DFV n           | 5 | 8 | 6 | 4 | 7 | 5 | 3 | 9 | 5  | -  | 2  | 1  | 1  |
| DBV n           | 1 | 2 | 2 | 5 | 4 | 5 | 3 | 1 | 1  | 1  | -  | -  | -  |

Ferner wurden die Metakarpalknochen von 13 Höhenfleckviehkühen und 10 Braunviehkühen verschiedenen Alters mit verschiedengradiger Aortenverkalkung in die Untersuchungen einbezogen. Diese Kühe wurden auf weitere Verkalkungen in anderen Organen untersucht. Der Herkunftsort der Kühe wurde ermittelt.

Schließlich wurden 9 Höhenfleckviehkühe und 6 Braunviehkühe aus dem Krankengut der Chirurgischen Tierklinik in die Untersuchungen aufgenommen. In den meisten Fällen waren diese Tiere wegen Klauenerkrankungen zur Behandlung überwiesen worden, keine Kuh zeigte klinische Anzeichen einer Kalzinose.

Für die röntgenologischen Untersuchungen auf kalzinosebedingte Knochenveränderungen dienten insgesamt 74 Höhenfleckviehkühe aus drei betroffenen Betrieben.

Bei dieser Gruppe ist die Altersverteilung folgendermaßen:

| Alter | 2 | 3  | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Jahre |
|-------|---|----|----|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|
| n     | 8 | 13 | 16 | 6 | 8 | 6 | 4 | 5 | 2  | 2  | 2  |       |

Zusätzlich wurden die Metakarpalknochen von 5 gesunden Schafen und 10 Schafen, die 82 Tage lang einer Trisetum-Fütterung in unterschiedlicher Aufbereitung ausgesetzt waren, röntgenologisch geprüft.

### Methodik

#### Röntgentechnik

##### 1. Untersuchungen an isolierten Metakarpalknochen

Die Aufnahmen wurden mit dem Siemens Röntgengenerator "Tridoros 4" (Zwölfventiler) angefertigt. Um gleiche Aufnahmebedingungen wie am lebenden Tier zu schaffen, wurden die im Articuluss carpometacarpicus abgetrennten distalen Vordergliedmaßen auf dem Multix-Tisch auf eine rasterlose Kasette (15 x 40 cm) gelegt. Zur Vermeidung von Folienunschärfen fand eine feinzeichnende Rubinfoleie der Firma Siemens Verwendung. Als Filmmaterial wurden "Cronex 2"-Filme der Firma DU PONT benutzt. Bei einem Focus-Film-Abstand von 1 m betrug die Einstellung 60 kV und 20-25 mAs, variierend nach Dicke des Metakarpus (entspricht 0,05 bzw. 0,062 sec bei 400 mA).

##### 2. Untersuchungen am Metakarpus von lebenden Kühen

Hier wurde der transportable Siemens Einkessel-Einpuls-Röntgengenerator "Nanodor 2" benutzt. Die Aufnahmen erfolgten am stehenden Tier bei einem Focus-Film-Abstand von 0,80 m mit der Einstellung: 80 kV und 8 mAs (entspricht 0,4 sec bei 20 mA).

Alle Röntgenaufnahmen erfolgten in dorso-palmarer Position. Um festzustellen, ob eventuell vorhandene Verkalkungen der Beugesehnen röntgenologisch erfaßbar sind, wurden bei drei Präparaten und vier Kühen auch Aufnahmen mit latero-

## Ausmessung der Aufnahmen

Wie röntgenologische Voruntersuchungen des Metakarpus von Kühen in Kalzinose-Beständen ergaben, konnten bei der makroskopischen Betrachtung im Vergleich zu gesunden Tieren keine Abweichungen der Kompaktadicke gefunden werden. Eine verminderte Strahlendurchlässigkeit des Knochens, bedingt durch eine verstärkte Mineralisation, und eine Neubildung von Knochengewebe im Spongiosabereich ließen sich auf Grund der unterschiedlichen Dicke des den Metakarpus umgebenden Weichteilgewebes sowie des nicht einheitlichen Kontrastes und der unterschiedlichen Schwärzung der Röntgenaufnahmen röntgenologisch nicht nachweisen.

Um eine geeignete Methode herauszufinden, wurden am Anfang der Untersuchungen zwei isolierte Metakarpalknochen von Höhenfleckviehkühen, die wegen einer Kalzinoseerkrankung geschlachtet worden waren, und der Metakarpus dreier lebender, klinisch an Kalzinose erkrankter Kühe geröntgt. Da die sekundäre Markhöhle durch Verdickung der Kompakta eingeengt schien, wurden folgende Messungen durchgeführt, um mit Hilfe der Osteometrie die kalzinosebedingten Knochenveränderungen zu erfassen.

In Anlehnung an die Methode von BARNETT und NORDIN (1960) wurde der "Kompaktaindex" bestimmt.

Der Kompaktaindex ( $\beta$ ) ist der Quotient aus der Summe der medialen ( $b_1$ ) und lateralen ( $b_2$ ) Kompaktadicke und der Diaphysenbreite (B);  $\beta = \frac{b_1 + b_2}{B}$ .

Die Meßwerte wurden aus dem Röntgenbild mit Hilfe eines Millimetermaßes unter einem Vergrößerungsglas abgelesen. Im proximalen Drittel der Diaphyse wurde die Stelle gesucht, wo die mediale und laterale Kompakta am dicksten waren. An diesem Punkt wurden dann die Gesamtbreite der Diaphyse (B) und die Dicke der medialen ( $b_1$ ) und lateralen ( $b_2$ ) Kompakta und die Breite der Markraumhöhle (d) gemessen. Der Kompaktaindex ( $\beta$ ) errechnete sich dann aus diesen Werten (siehe Abbildungen).

Ferner wurde die Diaphysenlänge bestimmt.

Bei den Schlachttieren lagen meistens keine Angaben über das Lebendgewicht vor. Dies wurde dann nach dem Schlachtgewicht errechnet, wobei angenommen wurde, daß das Schlachtgewicht 60% des Lebendgewichtes beträgt. Bei den lebenden Kühen wurde das Körpergewicht geschätzt.

Soweit in den Tabellen Angaben über den Gehalt an anorganischem Phosphor im Blutserum gemacht werden, handelt es sich um Ergebnisse von periodischen Bestandsuntersuchungen im Rahmen der von der Medizinischen Tierklinik II durchgeführten laufenden Herdenkontrollen auf Kalzinose.

Die Fütterungsversuche mit Schafen wurden ebenfalls von der Medizinischen Tierklinik II vorgenommen. Die Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen wurden mir freundlicherweise vom Institut für Tierpathologie (Vorstand: Prof.Dr. J. von Sandersleben) zur Verfügung gestellt.

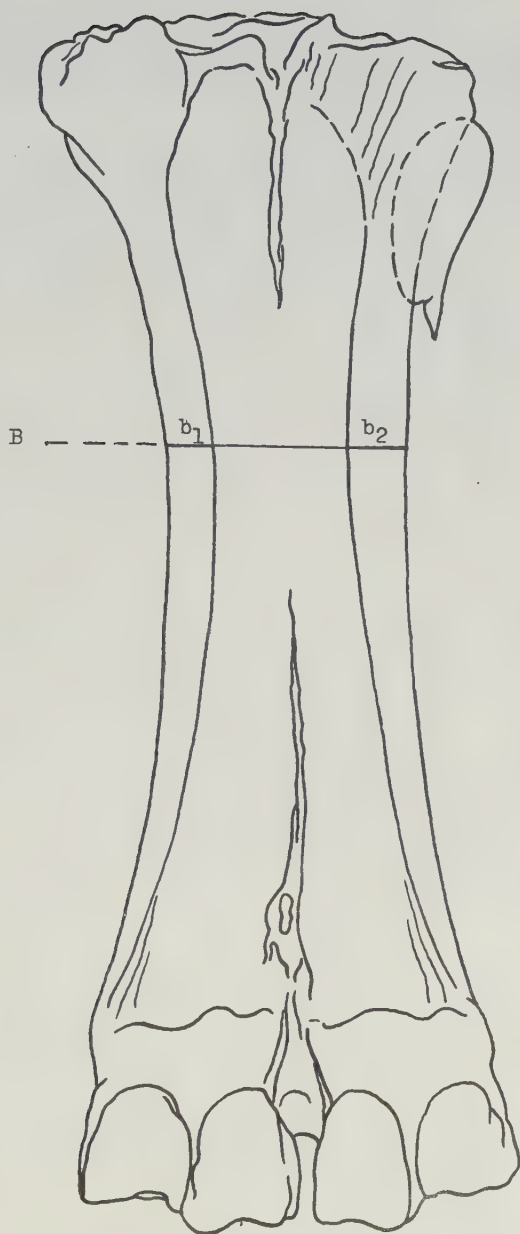


Abb. 1 Kuh Nr. 127 (Vergleichsgruppe)  
6 J. 503 kg  $\beta = 0,4217$   
 $b_1 + b_2 = 19,4$ ;  $B = 46$

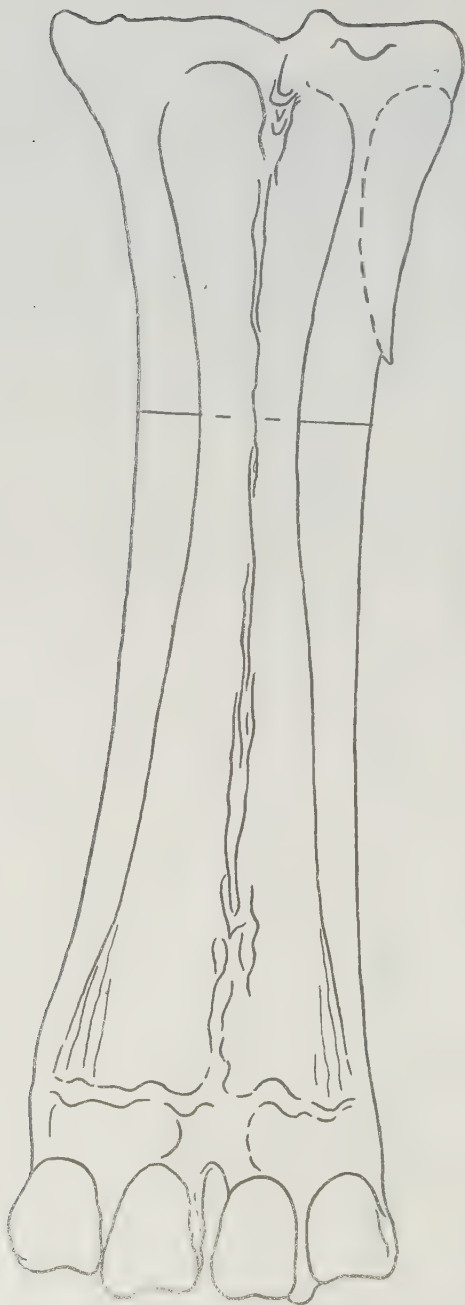


Abb. 2 Kuh Nr. 46 "Ritta" (Kalzinose-Bestand K.)

6 J. 560 kg  $\rho = 0,5684$

$b_1 = 25, B = 44$

## Ergebnisse

### Röntgenuntersuchungen an Metakarpalknochen von Schlacht- rindern ohne Aortenverkalkung

Wie aus der nachfolgenden Tabelle I zu entnehmen ist, korreliert die Diaphysenbreite weder mit dem Alter und dem Gewicht der Kühe, noch mit der Länge des Metakarpus. Dies gilt auch für den Kompaktaindex.

Die Breite der Diaphyse des Metakarpus schwankt erheblich bei den untersuchten Kühen. Der kleinste Wert liegt bei 37 mm, der höchste beträgt 46,5 mm.

Das Gewicht des Tieres hat keinen Einfluß auf die Diaphysenbreite; die Kuh Nr. 136 hat bei einem sehr hohen Körpergewicht von 640 kg einen sehr schmalen Metakarpus von nur 37 mm.

Der Mittelwert des Kompaktaindexes der Höhenfleckviehkühe liegt bei 0,4455 mit einer Standardabweichung (s) = 0,0313. Der kleinste Wert ist 0,3488, der höchste 0,4930. Nur die Kühe Nr. 102 und 138 liegen über 0,4900. Nr. 102 stammt aus dem Voralpengebiet, bei Nr. 138 konnte die genaue Herkunft nicht ermittelt werden.

Der Mittelwert der Braunviehkühe beträgt dagegen 0,5100; ist also erheblich größer. Hier liegt der kleinste Wert bei 0,4218, der höchste bei 0,5571. Dieser hohe Wert ist Ausdruck der dicken Kompakta bei den untersuchten Braunviehkühen.

Die Höhenfleckviehkühe Nr. 109 und 129 waren im 6. bzw. 5. Monat tragend. Aus den beiden Indices (0,4627 bzw. 0,3990) lassen sich keine Rückschlüsse auf einen Einfluß der Trächtigkeit auf den Kompaktaindex ziehen.

Eine durchgehende sagittale Scheidewand war ausgebildet bei der fünfjährigen Kuh Nr. 123 und der 10-jährigen Nr. 149.

T A B E L L E I :

ERGEBNISSE DER RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN AN METAKARPALKNOCHEN  
VON SCHLACHTRINDERN OHNE AORTENVERKALKUNG, SOWIE ANGABEN  
ÜBER ALTER UND GEWICHT DER UNTERSUCHTEN TIERE

I. a. KÜHE DER RASSE DEUTSCHES HÖHENFLECKVIEH

| Nr. | Alter   | Gewicht | Länge | Kombinierte<br>des Mc Kompaktadicke | Diaphysen-<br>breite | Index  |
|-----|---------|---------|-------|-------------------------------------|----------------------|--------|
|     |         |         |       | (b <sub>1</sub> + b <sub>2</sub> )  | (B)                  | (β)    |
|     | (Jahre) | (kg)    | (mm)  | (mm)                                | (mm)                 |        |
| 101 | 2       | 500     | 230   | 19,9                                | 44                   | 0,4613 |
| 102 | "       | 360     | 233   | 20,2                                | 41                   | 0,4926 |
| 103 | "       | 450     | 228   | 20,2                                | 43                   | 0,4697 |
| 104 | "       | 390     | 221   | 18,8                                | 42                   | 0,4476 |
| 105 | "       | 270     | 221   | 19,1                                | 39,2                 | 0,4872 |
| 106 | 3       | 255     | 230   | 16,9                                | 39,1                 | 0,4322 |
| 107 | "       | 450     | 230   | 16,1                                | 39,3                 | 0,4096 |
| 108 | "       | 437     | 222   | 17,4                                | 38,                  | 0,4463 |
| 109 | "       | 500     | 230   | 20                                  | 43,2                 | 0,4627 |
| 110 | "       | 380     | 226   | 16,3                                | 37                   | 0,4405 |
| 111 | "       | 470     | 231   | 17,9                                | 41,1                 | 0,4352 |
| 112 | "       | 390     | 217   | 19                                  | 40                   | 0,4750 |
| 113 | "       | 560     | 231   | 19,3                                | 41                   | 0,4707 |
| 114 | 4       | 530     | 228   | 17,9                                | 40                   | 0,4475 |
| 115 | "       | 500     | 228   | 17,3                                | 41,8                 | 0,4138 |
| 116 | "       | 430     | 226   | 16,3                                | 38,2                 | 0,4274 |
| 117 | "       | 447     | 230   | 16                                  | 42                   | 0,3809 |
| 118 | "       | 325     | 216   | 17,4                                | 41                   | 0,4243 |
| 119 | "       | 610     | 222   | 14,8                                | 37                   | 0,4000 |
| 120 | 5       | 380     | 235   | 19,3                                | 40                   | 0,4825 |
| 121 | "       | 400     | 254   | 16,                                 | 37,1                 | 0,4312 |
| 122 | "       | 623     | 230   | 20                                  | 46                   | 0,4348 |
| 123 | "       | 483     | 235   | 20,1                                | 45                   | 0,4466 |
| 124 | 6       | 400     | 217   | 18                                  | 42                   | 0,4285 |
| 125 | "       | 380     | 232   | 17,5                                | 40                   | 0,4375 |
| 126 | "       | 400     | 240   | 17                                  | 41                   | 0,4146 |

TABELLE I a (Forts.)

| Nr. | Alter   | Gewicht | Länge  | Kombinierte     | Diaphysen- | Index       |
|-----|---------|---------|--------|-----------------|------------|-------------|
|     |         |         | des Mc | Kompaktadicke   | -breite    |             |
|     | (Jahre) | (kg)    | (mm)   | ( $b_1 + b_2$ ) | (B)        | ( $\beta$ ) |
|     |         |         |        | (mm)            | (mm)       |             |
| 127 | 6       | 503     | 230    | 19,4            | 46         | 0,4217      |
| 128 | "       | 400     | 227    | 15              | 43         | 0,3488      |
| 129 | "       | 500     | 224    | 16              | 40,1       | 0,3990      |
| 130 | "       | 471     | 222    | 17,5            | 39         | 0,4487      |
| 131 | 7       | 600     | 240    | 19,8            | 41,2       | 0,4805      |
| 132 | "       | 415     | 223    | 18              | 38,8       | 0,4634      |
| 133 | "       | 400     | 225    | 17,1            | 42,1       | 0,4061      |
| 134 | "       | 500     | 234    | 18,5            | 46         | 0,4021      |
| 135 | "       | 525     | 240    | 20,2            | 41,8       | 0,4832      |
| 136 | 8       | 640     | 232    | 16,3            | 37         | 0,4405      |
| 137 | "       | 465     | 225    | 20              | 44,3       | 0,4514      |
| 138 | "       | 500     | 243    | 21,2            | 43         | 0,4930      |
| 139 | 9       | 550     | 248    | 18,2            | 44,4       | 0,4099      |
| 140 | "       | 480     | 230    | 18,3            | 45,4       | 0,4033      |
| 141 | "       | 425     | 245    | 21,2            | 43,2       | 0,4884      |
| 142 | "       | 650     | 221    | 17,3            | 40,2       | 0,4303      |
| 143 | "       | 510     | 233    | 21,6            | 46,5       | 0,4861      |
| 144 | "       | 410     | 230    | 18,8            | 39         | 0,4823      |
| 145 | "       | 525     | 223    | 17,9            | 38,3       | 0,4877      |
| 146 | "       | 520     | 223    | 19,8            | 43,5       | 0,4574      |
| 147 | "       | 400     | 239    | 17,3            | 38         | 0,4605      |
| 148 | 10      | 430     | 228    | 18              | 42,2       | 0,4265      |
| 149 | "       | 630     | 227    | 20,9            | 45         | 0,4644      |
| 150 | "       | 540     | 220    | 17,3            | 38,2       | 0,4528      |
| 151 | "       | 610     | 232    | 19              | 42,5       | 0,4470      |
| 152 | 12      | 415     | 222    | 20,1            | 43,2       | 0,4652      |
| 153 | "       | 610     | 231    | 19,1            | 42         | 0,4547      |
| 154 | 14      | 405     | 230    | 14              | 39,2       | 0,4744      |
| 155 | 16      | 420     | 230    | 20,7            | 44         | 0,4704      |

TABELLE I b. Kühe der Rasse Deutsches Braunvieh

| Nr. | Alter   | Gewicht | Länge  | Kombinierte     | Diaphysen- | Index       |
|-----|---------|---------|--------|-----------------|------------|-------------|
|     |         |         | des Mc | Kompaktadicke   | breite     |             |
|     |         |         |        | ( $b_1 + b_2$ ) | (B)        | ( $\beta$ ) |
|     | (Jahre) | (kg)    | (mm)   | (mm)            | (mm)       |             |
| 401 | 2       | 572     | 228    | 20,7            | 40,4       | 0,5123      |
| 402 | 3       | 454     | 220    | 20,4            | 39         | 0,5230      |
| 403 | "       | 389     | 230    | 18              | 41         | 0,4390      |
| 404 | 4       | 608     | 208    | 23,2            | 43,7       | 0,5308      |
| 405 | "       | 611     | 216    | 17              | 40,3       | 0,4218      |
| 406 | 5       | 621     | 234    | 21,8            | 44,4       | 0,4684      |
| 407 | "       | 576     | 219    | 23              | 45,2       | 0,5088      |
| 408 | "       | 461     | 227    | 21,5            | 46         | 0,4673      |
| 409 | "       | 559     | 230    | 22              | 41,8       | 0,5263      |
| 410 | "       | 579     | 220    | 20,3            | 38,2       | 0,5314      |
| 411 | 6       | 545     | 225    | 22,2            | 46         | 0,4826      |
| 412 | "       | 586     | 220    | 22,6            | 42         | 0,5380      |
| 413 | "       | 577     | 223    | 22,2            | 44,6       | 0,4977      |
| 414 | "       | 549     | 233    | 23,1            | 43         | 0,5371      |
| 415 | 7       | 438     | 217    | 21              | 42         | 0,5000      |
| 416 | "       | 558     | 218    | 19,9            | 42,9       | 0,4638      |
| 417 | "       | 630     | 223    | 23,5            | 43,1       | 0,5452      |
| 418 | "       | 585     | 234    | 21,9            | 39,6       | 0,5530      |
| 419 | "       | ---     | 221    | 23,2            | 43,1       | 0,5382      |
| 420 | 8       | ---     | 213    | 22,2            | 44         | 0,5045      |
| 421 | "       | 550     | 220    | 23              | 42,4       | 0,5425      |
| 422 | "       | 553     | 225    | 23,4            | 42         | 0,5571      |
| 423 | 9       | 546     | 212    | 21,9            | 44         | 0,4977      |
| 424 | 10      | 574     | 205    | 23              | 44,2       | 0,5203      |
| 425 | 11      | ---     | 223    | 22,4            | 41,2       | 0,5436      |

Die statistische Berechnung ergibt folgende Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) mit der Standardabweichung (s) :

|                              | DFV       |        | DBV       |        |
|------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|
|                              | $\bar{x}$ | s      | $\bar{x}$ | s      |
| Gewicht                      | 468,5 kg  | 89,82  | 550,9 kg  | 61,77  |
| Länge des Mc                 | 229,0 mm  | 8,57   | 220,8 mm  | 7,29   |
| Kombinierte<br>Kompaktadicke | 18,34 mm  | 1,76   | 22,09 mm  | 2,64   |
| Diaphysenbreite              | 41,38 mm  | 2,60   | 42,56 mm  | 2,07   |
| Index ( $\beta$ )            | 0,4455    | 0,0313 | 0,5100    | 0,0359 |

## Röntgenuntersuchungen an Metakarpalknochen von Schlachtrindern mit verschiedengradiger Aortenverkalkung

Mit den Werten der nachfolgenden Tabelle II wurde der " Wilcoxon-Test "durchgeführt. Es ergab sich keine Abhängigkeit zwischen Grad der Aortenverkalkung und der Höhe des Kompaktaindexes.

Besonders deutlich wird dies bei der Kuh Nr.210. Bei der Schlachtung wurde eine hochgradige Kalzinose gefunden mit Verkalkungen in der Aorta aufsteigend bis in die Aorta thoracalis, in der Art. axillaris und Art. carotis communis, in Euter- und Nierengefäßen, in den Nierenlymphknoten und in der Lunge. Die Herzvorhöfe wiesen großflächige Verkalkungen auf. Diesen ausgeprägten Verkalkungen steht ein verhältnismäßig geringer Kompaktaindex von 0,5153 gegenüber.

Auffallend ist der Wert der Kuh Nr. 205, die aus dem Kreis Dachau stammt. Der hohe Index (0,6019) ist Ausdruck der sehr dicken Kompakta (Kombinierte Kompaktadicke = 24,8) und der sehr schmalen Markraumhöhle. Die Kuh kam festliegend mit chronischer Tarsitis zur Schlachtung.

Der Mittelwert der Kompaktaindices der Höhenfleckviehkühe mit verschiedengradiger Aortenverkalkung aus dem Voralpengebiet liegt mit 0,5035 weit über dem Mittelwert der Vergleichsgruppe (0,4455). Bei den Schlachtkühen der Deutschen Braunviehrasse ist der Unterschied der beiden Werte gering, wenn man den Mittelwert aller Braunviehkühe mit Aortenverkalkung (0,5275), ohne Berücksichtigung der Herkunft, mit dem Mittelwert der Kühe ohne Verkalkungen in der Aorta abdominalis (0,5100) vergleicht.

Auch bei Kühen, die nicht aus dem Voralpengebiet kommen, treten Verkalkungen in der Aorta auf. Diese Höhenfleckviehkühe (Nr. 207, 212 und 213) haben aber alle einen Kompaktaindex unter 0,5000.

In dieser Gruppe wurde auch bei einer Kuh (Nr. 205) eine durchgehende sagittale Scheidewand gefunden.

T A B E L L E II :

ERGEBNISSE DER RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN AN METAKARPALKNOCHEN  
VON SCHLACHTRINDERN MIT VERSCHIEDENGRADIGER AORTENVERKALKUNG,  
SOWIE ANGABEN ÜBER ALTER UND GEWICHT DER UNTERSUCHTEN TIERE

| Nr.                                         | Alter<br>(Jahre) | Gewicht<br>(kg) | Grad der<br>Verkalkung | Index<br>( $\beta$ ) | Herkunftsgegend           |
|---------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------------|----------------------|---------------------------|
| <u>II a. Rasse Deutsches Höhenfleckvieh</u> |                  |                 |                        |                      |                           |
| 201                                         | 2                | 350             | +                      | 0,5206               | Bichl                     |
| 202                                         | 3                | 500             | +                      | 0,5308               | unbekannt                 |
| 203                                         | 5                | 390             | +                      | 0,4975               | nördl. Wasserburg         |
| 204                                         | 6                | 600             | +                      | 0,4047               | unbekannt                 |
| 205                                         | 7                | 570             | +                      | 0,6019               | Kreis Dachau              |
| 206                                         | "                | 355             | ++                     | 0,4324               | Ead Aibling               |
| 207                                         | 8                | 450             | ++                     | 0,4901               | Deggendorf an d.<br>Donau |
| 208                                         | 9                | 490             | +                      | 0,5195               | Rosenheim                 |
| 209                                         | 10               | 500             | ++                     | 0,5000               | 8019 Dorfen bei<br>Aßling |
| 210                                         | 12               | 377             | ++++                   | 0,5153               | Wasserburg                |
| 211                                         | 13               | 430             | +                      | 0,5393               | Krs.Rosenheim             |
| 212                                         | 13               | 402             | +                      | 0,3863               | nördl. Freising           |
| 213                                         | 18               | 451             | ++                     | 0,4300               | Krs.Cham-Oberpfalz        |

II b. Rasse Deutsches Braunvieh

|     |   |     |    |        |
|-----|---|-----|----|--------|
| 501 | 2 | 460 | +  | 0,5711 |
| 502 | 3 | 535 | +  | 0,5731 |
| 503 | 5 | 630 | +  | 0,4774 |
| 504 | " | 543 | +  | 0,5555 |
| 505 | 6 | 520 | +  | 0,4878 |
| 506 | 7 | 658 | +  | 0,5339 |
| 507 | " | 557 | ++ | 0,5279 |
| 508 | 8 | 567 | ++ | 0,5681 |
| 509 | " | 487 | ++ | 0,4439 |
| 510 | 9 | 587 | +  | 0,5364 |

Die Braunviehkühe wurden alle im Schlachthof Kempten geschlachtet. Ihre Herkunft konnte nicht ermittelt werden.

# Röntgenuntersuchungen am Metakarpus von lebenden Rindern ohne klinische Erscheinungen der Kalzinose

Nach dem "Vorzeichentest" ist der Mittelwert der Kompaktaindices dieser Gruppe ( s.Tabelle III, S. 39) nicht größer als der von Schlachttieren gewonnene Vergleichswert von 0,4455 bzw. 0,5100. Er beträgt bei den lebenden Fleckviehkühen 0,4504, bei den Braunviehkühen 0,5106.

Bei 4 der 5 Höhenfleckviehkühe aus dem Voralpengebiet ist der Index höher als der Mittelwert der Vergleichsgruppe.

---

## Zeichenerklärung zur nebenstehenden Tabelle II :

- ++++ hochgradige Verkalkungen in Kreislauforganen,  
Lunge, Niere, Euter u.a.
- ++ mittelgradige
- + geringgradige Verkalkung der Aorta abdominalis

T A B E L L E III :

ERGEBNISSE DER RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN AM METAKARPUS VON  
LEBENDEN RINDERN OHNE KLINISCHE ERSCHEINUNGEN DER KALZINOSE,  
SOWIE ANGABEN ÜBER ALTER UND GEWICHT DER UNTERSUCHTEN TIERE

| Nr. | Alter   | Gewicht | Kombinierte<br>Kompaktadicke<br>( $b_1 + b_2$ )<br>(mm) | Diaphysen-<br>breite<br>(B)<br>(mm) | Index<br>( $\beta$ ) |
|-----|---------|---------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|     | (Jahre) | (kg)    |                                                         |                                     |                      |

III a. Rasse Deutsches Höhenfleckvieh

|     |    |     |      |      |        |
|-----|----|-----|------|------|--------|
| 301 | 5  | 400 | 21,4 | 44,8 | 0,4716 |
| 302 | "  | 550 | 21   | 45,3 | 0,4635 |
| 303 | "  | 570 | 23,2 | 46,9 | 0,4925 |
| 304 | "  | 500 | 20   | 47,7 | 0,4219 |
| 305 | 6  | 500 | 20   | 44   | 0,4545 |
| 306 | "  | --- | 19,8 | 48   | 0,4125 |
| 307 | "  | --- | 16   | 42   | 0,3809 |
| 308 | 7  | 600 | 19   | 43   | 0,4418 |
| 309 | 10 | --- | 21   | 44,1 | 0,4759 |

III b. Rasse Deutsches Braunvieh

|     |   |     |      |      |        |
|-----|---|-----|------|------|--------|
| 601 | 2 | --- | 18   | 39,2 | 0,4591 |
| 602 | " | --- | 18,2 | 38,4 | 0,4739 |
| 603 | 3 | --- | 25,7 | 42   | 0,5644 |
| 604 | " | --- | 19,3 | 39,5 | 0,5139 |
| 605 | 5 | 550 | 20,8 | 42,9 | 0,4848 |
| 606 | 7 | 500 | 26,4 | 47   | 0,5680 |

Die Fleckviehkühe Nr. 301 bis 305 und die Braunviehkühe Nr. 601, 603 und 605 kommen aus dem Voralpengebiet.

Die Kuh Nr. 308 aus Puchheim bei München.

Die Braunviehkuh Nr. 606 aus 8451 Leinau wurde wegen einer Bursitis praecarpalis chronica behandelt.

Bei den anderen Kühen ist die Herkunft nicht bekannt.

## Röntgenologische Untersuchungen am Metakarpus in Beständen mit Enzootischer Kalzinose

Eine durchgehende sagittale Scheidewand teilte bei drei Kühen die Knochenmarkhöhle. Dies ist aber keine Folge der Kalzinose.

Bei der Kuh Nr. 57 konnten auf der lateralen Röntgenaufnahme deutliche Verschattungen im Bereich der Beugesehnen festgestellt werden. Bei den Kühen Nr. 21, 30, 46 und 65 war dies nicht möglich.

Die Aufnahme des Karpalgelenkes der Nr. 57 lies kranial im Bereich der Karpalgelenke reiskorngroße Verschattungen erkennen.

Veränderungen im Sinne einer sekundären Arthropathia deformans nach Absprengungsfraktur am Os carpi ulnare wurden bei der Fleckviehkuh "Olga" (Nr.72) gefunden. Das Röntgenbild des Metakarpus der Kuh Nr. 65, "Dora" zeigte periostale Auflagerungen und eine unruhige Konturierung der Kompakta.

Die Werte dieser Gruppe werden in den nachfolgenden Tabellen IV a - c aufgeführt.

Anhand des "t-Testes" wurde der Unterschied der Mittelwerte der Kompaktaindices der Vergleichsgruppe und der Gruppe aus Kalzinosebeständen geprüft.

Der Mittelwert der Kalzinose-Gruppe liegt signifikant höher als der Mittelwert der Schlachttier-Gruppe bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,001$ . Er beträgt 0,4957 gegenüber 0,4455.

Die Standardabweichung von 0,05 gibt an, daß die Werte in dieser Gruppe stärker variieren (0,3777 bis 0,6261).

Der Kompaktaindex zeigt sich unbeeinflusst vom Stadium der Laktation oder der Trächtigkeit.

T A B E L L E IV :

ERGEBNISSE DER RÖNTGENOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN DES  
METAKARPUS IN BESTÄNDEN MIT ENZOOTISCHER KALZINOSE

IV a. Betrieb O. (nördlich von Bad Tölz)

Untersuchung Anfang Dezember 1976

| Nr. | Name     | Alter   | Gewicht | Index       | Anorganischer |           |
|-----|----------|---------|---------|-------------|---------------|-----------|
|     |          | (Jahre) | (kg)    | ( $\beta$ ) | Phosphor im   | Blutserum |
|     |          |         |         |             | Okt. 76       | April 76  |
|     |          |         |         |             | mg%           |           |
| 1   | Berta    | 2       | 520     | 0,4799      | 7,5           | --        |
| 2   | Asterl   | "       | 500     | 0,4785      | 6,5           | --        |
| 3   | Adreane  | "       | 500     | 0,4234      | --            | --        |
| 4   | Centa    | "       | 500     | 0,5231      | --            | --        |
| 13  | Goidl    | 3       | 500     | 0,4533      | 4,5           | 9,46      |
| 14  | Niki     | "       | 530     | 0,5299      | 9,7           | 5,21      |
| 15  | Moni     | "       | 550     | 0,5849      | 9,9           | 9,27      |
| 16  | Zeisl    | "       | 520     | 0,5305      | 9,3           | 10,29     |
| 17  | Nelli    | "       | 500     | 0,5429      | 11,1          | 6,83      |
| 18  | Vroni    | "       | 520     | 0,5217      | 11,1          | 8,24      |
| 19  | Dixi     | "       | 570     | 0,4843      | 7,0           | 6,0       |
| 20  | Kathrin  | "       | 550     | 0,4872      | 6,7           | --        |
| 22  | Haserl   | 4       | 550     | 0,4488      | 8,0           | 6,44      |
| 23  | Helga    | "       | 500     | 0,5212      | 8,6           | 6,46      |
| 24  | Kranzl   | "       | 550     | 0,5067      | 6,6           | 7,73      |
| 25  | Elfriede | "       | 560     | 0,4734      | 7,6           | 8,15      |
| 26  | Metha    | "       | 540     | 0,5031      | 10,0          | 7,29      |
| 27  | Vogerl   | "       | 550     | 0,6261      | 8,7           | 7,22      |
| 28  | Stasi    | "       | 530     | 0,4872      | 6,2           | 6,02      |
| 29  | Alma     | "       | 550     | 0,5707      | 7,5           | 8,48      |
| 41  | Angelika | 5       | 520     | 0,5790      | 9,7           | 5,21      |
| 42  | Breindl  | "       | 550     | 0,5204      | 7,3           | 6,04      |
| 43  | Stoisl   | "       | 525     | 0,5205      | 6,1           | 6,09      |
| 44  | Dora     | 6       | 600     | 0,4804      | 5,1           | 5,30      |
| 45  | Musch    | "       | 510     | 0,5232      | 7,7           | 7,48      |

TABELLE IV a (Forts.)

| Nr. | Name   | Alter<br>(Jahre) | Gewicht<br>(kg) | Index<br>( $\beta$ ) | Anorganischer<br>Phosphor im<br>Blutserum |          |
|-----|--------|------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------------------|----------|
|     |        |                  |                 |                      | Okt. 76                                   | April 76 |
|     |        |                  |                 |                      | mg %                                      |          |
| 55  | Adele  | 7                | 550             | 0,5531               | 7,5                                       | 5,93     |
| 56  | Elke   | "                | 550             | 0,3950               | 7,3                                       | 10,17    |
| 58  | Amanda | 8                | 550             | 0,5208               | 3,6                                       | 7,40     |
| 59  | Osmine | "                | 480             | 0,4510               | 6,0                                       | 5,91     |
| 60  | Cony   | 9                | 550             | 0,5314               | 7,6                                       | 5,87     |

Folgende 2 Kühe aus dem Bestand hatten in der Medizinischen Tierklinik II gestanden und waren dort geröntgt worden:

Im Dezember 1974

|    |      |   |     |        |     |     |
|----|------|---|-----|--------|-----|-----|
| 21 | Emma | 3 | --- | 0,5424 | --- | --- |
|----|------|---|-----|--------|-----|-----|

Im Dezember 1975

|    |        |   |     |        |    |    |
|----|--------|---|-----|--------|----|----|
| 57 | Traube | 7 | 570 | 0,5581 | -- | -- |
|----|--------|---|-----|--------|----|----|

Aus dem Betrieb B. (östlich von Bad Tölz) wurde im November 1974 eine Fleckviehkuh geröntgt:

|    |    |   |     |        |    |    |
|----|----|---|-----|--------|----|----|
| 30 | -- | 4 | 450 | 0,5129 | -- | -- |
|----|----|---|-----|--------|----|----|

IV b. Betrieb E. (nördlich vom Tegernsee)  
Untersuchung Anfang März 1977

| Nr. | Name     | Alter<br>(Jahre) | Gewicht<br>(kg) | Index<br>( $\beta$ ) | Anorganischer<br>Phosphor im<br>Blutserum<br>Oktober 1976<br>mg % |
|-----|----------|------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 7   | Gundl    | 2                | 500             | 0,4761               | --                                                                |
| 8   | Kordl    | "                | 550             | 0,4555               | --                                                                |
| 11  | Marion   | 3                | 550             | 0,4800               | 8,2                                                               |
| 12  | Roseda   | "                | 550             | 0,5022               | --                                                                |
| 33  | Regina   | 4                | 550             | 0,5214               | 7,3                                                               |
| 34  | Remilla  | "                | 600             | 0,4375               | 10,1                                                              |
| 35  | Mirzl    | "                | 530             | 0,4297               | 10,1                                                              |
| 36  | Ria      | "                | 700             | 0,5106               | 9,8                                                               |
| 37  | Rebella  | "                | 550             | 0,4692               | --                                                                |
| 38  | Melissa  | 5                | 500             | 0,5181               | 8,4                                                               |
| 39  | Viola    | "                | 520             | 0,5595               | 7,3                                                               |
| 48  | Raute    | 6                | 600             | 0,4924               | --                                                                |
| 49  | Enzian   | "                | 580             | 0,4489               | --                                                                |
| 50  | Rita     | "                | 570             | 0,3885               | 8,9                                                               |
| 51  | Edelweis | "                | 580             | 0,4496               | --                                                                |
| 62  | Amilo    | 7                | 650             | 0,4385               | 8,4                                                               |
| 60  | Mira     | 8                | 500             | 0,5311               | --                                                                |
| 61  | Rosette  | "                | 650             | 0,5000               | 9,1                                                               |
| 62  | Mona     | 9                | 550             | 0,4260               | 10,9                                                              |
| 63  | Rosl     | "                | 630             | 0,3777               | --                                                                |
| 68  | Kora     | 10               | 620             | 0,5250               | 4,4                                                               |
| 69  | Tulpe    | 11               | 600             | 0,5181               | --                                                                |
| 70  | Wilma    | "                | 600             | 0,4339               | --                                                                |
| 71  | Waxl     | 12               | 625             | 0,5730               | --                                                                |

IV c. Betrieb K. (nördlich vom Tegernsee)

Untersuchung Anfang März 1977

| Nr. | Name    | Alter   | Gewicht | Index       | Anorganischer |        |
|-----|---------|---------|---------|-------------|---------------|--------|
|     |         | (Jahre) |         |             | Phosphor im   |        |
|     |         |         | (kg)    | ( $\beta$ ) | Blutserum     |        |
|     |         |         |         |             | Sept. 76      | Mai 76 |
|     |         |         |         |             | mg            | %      |
| 5   | Sabine  | 2       | 450     | 0,4117      | --            | --     |
| 6   | Tatyana | "       | 490     | 0,4346      | --            | --     |
| 9   | Betti   | 3       | 550     | 0,3970      | 8,66          | 5,27   |
| 10  | Thekla  | "       | 450     | 0,5336      | 9,77          | 7,91   |
| 31  | Sindi   | 4       | 600     | 0,4404      | --            | --     |
| 32  | Berta   | "       | ---     | 0,5359      | 8,44          | 6,65   |
| 40  | Ida     | 5       | 500     | 0,4680      | 8,52          | 6,75   |
| 46  | Ritta   | 6       | 560     | 0,5684      | --            | 5,32   |
| 47  | Afra    | "       | ---     | 0,4903      | 10,37         | ---    |
| 52  | Petra   | 7       | 500     | 0,4790      | 9,34          | 5,94   |
| 53  | Uschi   | "       | 550     | 0,5155      | 7,82          | 5,23   |
| 64  | Elfi    | 9       | 600     | 0,4911      | 9,53          | 5,74   |
| 65  | Dora    | "       | 550     | 0,5219      | 8,71          | 5,52   |
| 67  | Resi    | 10      | 600     | 0,5438      | 7,79          | 6,38   |
| 72  | Olga    | 12      | 500     | 0,4772      | 7,52          | 5,81   |

Auch in der Gruppe der Höhenfleckviehkühe aus Beständen mit Enzootischer Kalzinose ist keine Korrelation zwischen dem Kompaktaindex ( $\beta$ ) und dem Alter bzw. Gewicht der Kühe vorhanden.

Jedoch hat von den 8 zweijährigen Rindern nur die Nr. 4 einen Index über 0,5000. Bei den 8 zweijährigen Rindern ergibt sich ein Mittelwert von 0,4603.

Bei den 6 dreijährigen Rindern hat schon die Hälfte einen Index über 0,5000, was sich auch in dem Mittelwert von 0,5063 ausdrückt.

Eine Einteilung der Jahrgänge in Gruppen ist in der folgenden Tabelle V vorgenommen worden :

T A B E L L E V

EINTEILUNG IN ALTERSGRUPPEN

| Mittelwert:<br>Alter                   | Alle Kalzinose-<br>Betriebe | Betrieb<br>O. | Betrieb<br>E. | Betrieb<br>K. |
|----------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 2                                      | 0,4603                      | 0,4736        | 0,4658        | 0,4231        |
| 3                                      | 0,5063                      | 0,5189        | 0,4911        | 0,4653        |
| 4                                      | 0,4987                      | 0,5122        | 0,4736        | 0,4881        |
| 5 bis 10                               | 0,4915                      | 0,5074        | 0,4652        | 0,5042        |
| Älter als<br>10 Jahre                  | 0,5113                      | ---           | 0,5125        | 0,5085        |
| Alle Kühe<br>außer den<br>zweijährigen | 0,5019                      | 0,5130        | 0,4786        | 0,5018        |
| Alle Alters-<br>gruppen<br>zusammen    | 0,4957                      | 0,5083        | 0,4767        | 0,4872        |

Um ein genaueres Bild zu erhalten, muß man jedoch die einzelnen Werte betrachten. Nicht alle Kühe zeigen eine Zunahme der Kompaktadicke. Im Betrieb O. hatten bei der Röntgenuntersuchung im Dezember 1976 18 (=56,2%) der im Bestand stehenden 32 Höhenfleckviehkühe einen Kompaktaindex größer als 0,5000. Im Betrieb E. waren es 10 von 24 (=41,6%) und im Betrieb K. 6 von 14 (=42,8). Hierbei wurde im Betrieb K. die Kuh Nr. 31 "Sindi" ausgeklammert, weil sie erst 14 Tage vor der Röntgenuntersuchung zugekauft worden war. Dies erklärt bei ihr den niedrigen Index (0,4404). Die Kuh Nr. 47 "Afra" war im Juni 1976 gekauft worden. Ihr Kompaktaindex (0,4903) läßt keine Deutung zu. Dafür wäre eine Röntgenaufnahme vom Zeitpunkt der Einstellung notwendig.

Die Mittelwerte der drei untersuchten Kalzinosebetriebe sind auch unterschiedlich. Dies wird noch deutlicher, wenn man den jeweiligen Mittelwert der Kühe älter als 3 Jahre bildet. Der höchste Wert mit 0,5130 wird so im Betrieb O. gefunden, dann folgt der Betrieb K. mit 0,5018. In beiden liegt also der Mittelwert der Kompaktaindices über 0,5000. Dagegen ist der Mittelwert im Bestand E. erheblich geringer, er beträgt nur 0,4786, liegt aber über dem Mittelwert der Vergleichsgruppe.

Interessant wird der Vergleich der Indexwerte bei den Kühen, die zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme oder gegen Ende der Weideperiode 1976 (laut Angabe des Besitzers) klinische Erscheinungen der Kalzinose zeigten. Sie werden in der folgenden Tabelle VI nochmals zusammengefaßt.

T A B E L L E VI :

ERGEBNISSE DER RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN AM METAKARPUS VON  
KUHEN MIT KLINISCHEN ERSCHEINUNGEN DER KALZINOSE

| Nr.               | Name   | Alter<br>(Jahre) | Grad der<br>klinischen<br>Erkrankung | Index<br>( $\beta$ ) | Anorganischer<br>Phosphor im<br>Blutserum |          |
|-------------------|--------|------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------|
|                   |        |                  |                                      |                      | Okt. 76                                   | April 76 |
| <u>Betrieb O.</u> |        |                  |                                      |                      | mg                                        | %        |
| 18                | Vroni  | 3                | +                                    | 0,5217               | 11,1                                      | 8,24     |
| 21                | Emma   | "                | ++                                   | 0,5424               | ---                                       | ---      |
| 45                | Musch  | 6                | +                                    | 0,5232               | 7,7                                       | 7,48     |
| 57                | Traube | 7                | ++                                   | 0,5581               | ---                                       | ---      |
| 66                | Cony   | 9                | +                                    | 0,5314               | 7,6                                       | 5,87     |
| <u>Betrieb B.</u> |        |                  |                                      |                      |                                           |          |
| 30                | --     | 4                | --                                   | 0,5129               | --                                        | --       |
| <u>Betrieb E.</u> |        |                  |                                      |                      |                                           |          |
| 39                | Viola  | 5                | +++                                  | 0,5595               | 7,3                                       | --       |
| 48                | Raute  | 6                | +                                    | 0,4924               | --                                        | --       |
| 60                | Mira   | 8                | ++                                   | 0,5311               | --                                        | --       |
| 67                | Waxl   | 12               | ++                                   | 0,5730               | --                                        | --       |
| <u>Betrieb K.</u> |        |                  |                                      |                      | Sept. 76 Mai 76                           |          |
| 10                | Thekla | 3                | +++                                  | 0,5336               | 9,77                                      | 7,91     |
| 32                | Berta  | 4                | +++                                  | 0,5359               | 8,44                                      | 6,65     |
| 40                | Ida    | 5                | +                                    | 0,4680               | 8,52                                      | 6,75     |
| 46                | Ritta  | 6                | +++                                  | 0,5684               | --                                        | 5,32     |
| 52                | Petra  | 7                | ++                                   | 0,4790               | 9,34                                      | 5,94     |
| 53                | Uschi  | 7                | +                                    | 0,5155               | 7,82                                      | 5,23     |
| 65                | Dora   | 9                | +++                                  | 0,5219               | 8,71                                      | 5,52     |
| 67                | Resi   | 10               | +                                    | 0,5438               | 7,79                                      | 6,38     |
| 72                | Olga   | 12               | +++                                  | 0,4772               | 7,52                                      | 5,81     |

Zeichenerklärung:

+ leicht, ++ stark, +++ stark erkrankt

--- unbekannt, bzw. nicht untersucht

Der Betrieb O. war in den Jahren zuvor stark von der Enzootischen Kalzinose betroffen. Im Jahr 1976 traten jedoch kaum klinische Erkrankungen auf, auch lagen die Blutwerte im Durchschnitt verhältnismäßig niedrig (s. Tab. VI). Leider waren keine Angaben über die klinisch kranken Tiere in den Vorjahren vorhanden. Die hohe Zahl der Kühe mit einem Index über 0,5000 ist als Folge der hohen Trisetum-Aufnahme in den früheren Jahren zu werten.

Betrachtet man die 19 klinisch an Kalzinose erkrankten Kühe, so stellt man fest, daß bei 15 von ihnen der Kompaktaindex mehr oder weniger größer ist als 0,5000. Auch bei den restlichen 4 Kühen liegt der Index noch über dem Mittelwert der Vergleichsgruppe.

Der "Vorzeichentest" wurde durchgeführt. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$  liegt der Kompaktaindex von Kühen mit klinischen Anzeichen einer Kalzinose signifikant über 0,5000.

Bei der Kuh Nr. 72 "Olga" wirkte sicherlich die Arthropathia deformans verstärkend auf das Auftreten klinischer Störungen.

Aus der Höhe des Kompaktaindexes können somit keine Rückschlüsse auf den Grad der klinischen Erkrankung gezogen werden. Nicht alle Kühe mit einem Index über 0,5000 zeigen klinische Anzeichen einer Kalzinose.

Vergleicht man die Blutwerte mit den Kompaktaindices, darf man nicht davon ausgehen, daß sie in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen.

Nicht alle Kühe mit einem erhöhten Serumgehalt an anorganischem Phosphor haben einen Index über 0,5000. Wie erwartet, besteht kein direktes Verhältnis zwischen Höhe des Indexes und Höhe des Phosphorspiegels.

Bei 28 Kühen, deren Kompaktaindex größer als 0,5000 ist, war auch eine Blutuntersuchung durchgeführt worden.

Außer den drei Kühen Nr. 43, 58 und 68 wiesen die restlichen 25 Tiere einen erhöhten Phosphorwert auf (größer als 0,5 mg%). Dies ist statistisch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$  ("Vorzeichentest").

Bei umgekehrten Vergleich haben von den 44 Kühen mit einer Erhöhung des anorganischen P-Gehaltes nur diese 25 einen Index, der 0,5000 übersteigt.

Der Mittelwert der Kompaktaindices aller Kühe mit einem P-Gehalt über 6,5 mg% liegt bei 0,5041.

Zwei Kühe mit klinischen Anzeichen einer Kalzinose wurden in der Medizinischen Tierklinik II über einen längeren Zeitraum bei goldhaferfreier Fütterung gehalten. Sie konnten mehrmals geröntgt werden. Der Metakarpus der siebenjährigen Höhenfleckviehkuh Nr. 57 "Traube" wurde mehr als 1 Jahr nach der Verbringung in die Medizinische Tierklinik II geröntgt. Der Index betrug 0,5581. Nach der Schlachtung am 30.9.76 wurde der isolierte Metakarpus geröntgt. Die Kompakta wies medial und lateral die gleiche Dicke auf wie im Dezember 1975. Beim Zersägen zeigte es sich, daß die Knochen sehr hart waren. Der M. interosseus und die Beugesehnen waren verkalkt. Schon im November 1974 waren bei lateralen Aufnahmen des Metakarpus dieser Kuh deutliche Verschattungen im Bereich der Beugesehnen festgestellt worden.

Die Braunviehkuh "Frieda" aus einem Allgäuer Bestand konnte in einem Zeitraum von 2 Jahren dreimal geröntgt werden. Auch in diesem Fall hat keine Dickenabnahme der Kompakta stattgefunden.

Folgende Kompaktaindices wurden gemessen:

| Datum    | Alter von "Frieda" | Kompaktaindex |
|----------|--------------------|---------------|
| Sept. 74 | 4                  | 0,5853        |
| Dez. 75  | 5                  | 0,5827        |
| Nov. 76  | .6                 | 0,5846        |

Der Index ist sehr viel höher als der Mittelwert der Vergleichsgruppe ( s. Tab. I b., S:34), und auch größer als der höchste dort gefundene Wert (Nr. 422: 0,5571).

## Röntgenuntersuchungen an Metakarpalknochen von Schafen

Der Mittelwert der Kompaktaindices der Kontrollgruppe beträgt 0,359 (s.Tab. VII, S. 51).

Schon nach einer Verfütterung von Goldhafer von 82 Tagen hat eine Erhöhung des Kompaktaindexes stattgefunden. Der Mittelwert der Versuchsgruppe liegt bei 0,4080. Die Standardabweichung ist 0,05.

Jedoch unterscheiden sich die beiden Mittelwerte nicht signifikant (Wilcoxon - Test).

Zwei Versuchstiere haben einen kleineren Index als der Mittelwert der Kontrollgruppe, und insgesamt 4 einen kleineren als der höchste Index in der Kontrollgruppe.

Auch bei dieser Tierart besteht keine Beziehung zwischen dem Grad der Aortenverkalkung und der Höhe des Kompaktaindexes. Beim Schaf Nr. 2 bildeten die Verkalkungen große Platten in der Aorta abdominalis, und auch der Index ist mit 0,4838 sehr hoch. Doch wurden bei Nr. 20 mit dem Index 0,4931 nur geringe Verkalkungen gefunden.

T A B E L L E VII :

ERGEBNISSE DER RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN AN METAKARPAL -  
KNOCHEN VON SCHAFEN

| Nr.                   | Kompaktaindex<br>( $\beta$ ) | Verkalkungen in der<br>Aorta abdominalis |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| <u>Kontrollgruppe</u> |                              |                                          |
| 10                    | 0,3307                       | ---                                      |
| 22                    | 0,3944                       | ---                                      |
| 25                    | 0,3604                       | ---                                      |
| 9                     | 0,3289                       | ---                                      |
| 8                     | 0,3812                       | ---                                      |

Mittelwert  $\bar{x}$  = 0,359 Standardabweichung  $s$  = 0,029

Versuchsgruppe mit Trisetum-Fütterung (82 Tage)

|    |        |                     |
|----|--------|---------------------|
| 20 | 0,4931 | +                   |
| 6  | 0,4416 | ++                  |
| 16 | 0,4093 | ++/+++              |
| 15 | 0,4086 | ++                  |
| 17 | 0,3833 | +                   |
| 7  | 0,3388 | ++                  |
| 11 | 0,4065 | +++                 |
| 1  | 0,3703 | +++                 |
| 2  | 0,4838 | +++ (große Platten) |
| 4  | 0,3448 | +++                 |

Mittelwert  $\bar{x}$  = 0,4080 Standardabweichung  $s$  = 0,05

Zeichenerklärung:

+ gering, ++ mittel, +++ stark

--- keine Verkalkungen

## DISKUSSION

Die bei an Enzootischer Kalzinose erkrankten erwachsenen Kühen festgestellten Skelettveränderungen entsprechen einer systemisierten Osteomyelosklerose (endostale Hyperostose) mit verstärkter Mineralisation des neugebildeten Knochengewebes, die bisher nur auf histologischem und mikroradiographischem Wege nachgewiesen wurde. Makroskopische Röntgenaufnahmen sind nicht beschrieben worden.

Unter den makroskopischen morphologischen Befunden wird eine Verbreiterung der Kompakta in den Röhrenknochen erwähnt.

Es war zu klären, ob diese Knochenveränderungen auch mit einer gewöhnlichen Röntgenaufnahme diagnostiziert werden können.

Eine photometrische Ausmessung der Röntgenbilder (Densitometrie) ist technisch zu aufwendig, auch standen die teureren Meßapparaturen nicht zur Verfügung.

Da das den Knochen umgebende Weichteilgewebe verschieden dick ist, bewirkt es eine unterschiedliche Röntgenstrahlenabsorption und eine divergierende Streustrahlung. Dies führt zu Unterschieden in der Abschwächung der Röntgenstrahlen, sodaß eine verminderte Strahlendurchlässigkeit nicht nur als Folge einer verstärkten Mineralisation des Knochengewebes gewertet werden kann. Auch die Messung der Ausdehnung der sichtbaren Spongiosa in die Markhöhle hinein brachte keine befriedigende Ergebnisse. Die Werte variieren sehr stark und sind abhängig von der Schwärzung des Röntgenfilmes.

Schwanzwirbel wurden zur Untersuchung nicht herangezogen, weil diese spongiosareichen Knochen Änderungen während der Laktation und der Trächtigkeit am stärksten unterworfen sind.

Bei Schafen mit experimentell erzeugtem Kalziummangel war die Resorption während der Trächtigkeit und zu Beginn der Laktation am höchsten in den Schwanzwirbeln.

Als letzte Knochen waren der Metakarpus und der Metatarsus betroffen, der Schaft aber zeigte keine Anzeichen einer Resorption (BENZIE et al., 1955, 1956).

Die Diaphysenkompakta erfährt bei Osteopathien erst relativ spät einen Strukturumbau mit nachfolgendem endostalen Substanzverlust, der zu morphometrisch erfaßbaren Verschmälerung führt (HEUCK et al., 1973). Bei der Osteomalazie wird die Kortikalis nicht dünner, und bei der Osteoporose nehmen meistens nur Dicke und Anzahl der Spongiosabälkchen ab. Erst in weit vorgeschrittenen Stadien nimmt die Kompaktadicke durch exzentrische Atrophie ab (SCHEBITZ-BRASS, 1975).

Somit scheint die Kompakta besser geeignet für die Erstellung von Parametern, die Vergleichswerte liefern, die nicht starken Änderungen durch Laktation, Trächtigkeit und wechselnder Fütterung unterworfen sind.

An den verschiedenen histologisch untersuchten Skelettabschnitten waren von DÄMMRICH et al. (1970) gleichartige Veränderungen gefunden worden. Deshalb wurden die Untersuchungen auf einen Röhrenknochen beschränkt. Der Metakarpus bot sich dafür an, weil er als Abfallprodukt leicht an Schlachthof erhältlich ist, um eine Vergleichsgruppe aufstellen zu können. Dadurch konnte auch Material unterschiedlicher Herkunft gewonnen werden. Und die geschlachteten Tiere konnten auf Aortenverkalkungen untersucht werden.

In Übereinstimmung mit den von KÖHLER und LIBISELLER (1970) erwähnten makroskopischen Befunden konnte eine Verdickung der Kompakta und eine dadurch bedingte Einengung der sekundären Markhöhle in den Metakarpalknochen bei einigen wegen Kalzinose geschlachteten bzw. an Kalzinose erkrankten Kühen auf den Röntgenaufnahmen diagnostiziert werden.

Aus diesen Gründen wurde die Osteometrie gewählt als Verfahren, um die im Rahmen der experimentellen Kalzinose auftretenden Knochenveränderungen röntgenologisch faßbar zu machen.

Auch an den Fesselbeinen war die Einengung des Markraumes röntgenologisch nachweisbar, doch ließ die klare Begrenzung der röntgenologisch homogenen Kompakta auf der endostalen Seite den Metakarpus zur genauen Messung geeigneter erscheinen. (Und am lebenden Tier war der Metakarpus leichter und ungefährlicher für die Person, die die Kasette hält, zu röntgen als der Metakarpus.)

Da die Diaphysenbreite des Metakarpus bei Kühen große Differenzen aufwies, war mit Hilfe der Kompaktadicke allein keine Aussage möglich. Der kompakte Anteil mußte in Beziehung gesetzt werden zum Gesamtdurchmesser der Diaphyse. Beide zusammen bestimmen die Tragfähigkeit und Festigkeit des Knochens (DÄMMRICH und UNSHELM, 1972).

Der von BARNETT und NORDIN (1960) aufgestellte "KOMPAKTA-INDEX" setzt beide Größen in ein Verhältnis zueinander. Er ist der Quotient aus der "Kombinierten Kompaktadicke" und der "Diaphysenbreite". Dieser Index ermöglicht als dimensionslose Größe auch den Vergleich mit Messungen, die am isolierten Knochenpräparat durchgeführt werden. Auf Grund des Quotienten entfällt der Vergrößerungsfaktor des Röntgenbildes, der sonst nach den Gesetzen der Zentralprojektion aus "Focus-Objekt-Abstand" geteilt durch "Focus-Film-Abstand" errechnet werden müßte. Diese Tatsache erlaubt auch den Vergleich von Röntgenaufnahmen am lebenden Tier, bei dem auf Grund unterschiedlicher Stellung der Gliedmaßen der genaue "Focus-Objekt-Abstand" oder sogar der "Objekt-Film-Abstand" nicht eingehalten werden konnte.

Die Röntgenuntersuchungen lassen keinen Einfluß der Laktation und der Trächtigkeit auf den Index erkennen. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da der Index ein Ausdruck für den kompakten Knochenanteil ist.

Auch konnte keine Beziehung gefunden werden zwischen Körpergewicht oder Länge des Metakarpus einerseits und der Diaphysenbreite bzw. des Kompaktaindexes andererseits. Dies stimmt überein mit Untersuchungsergebnissen von ANDREAE und DÄMMRICH (1972), die bei

eineiigen Bullenzwillingen keine direkte Proportionalität zwischen höherem Körpergewicht und einer Flächenzunahme des Diaphysenquerschnittes vom Metakarpus feststellten.

Der Mittelwert des Kompaktaindex bei der Vergleichsgruppe liegt bei 0,4455. Zwei Werte sind größer als 0,4900. Deshalb wird der Grenzwert bei einem Kompaktaindex von 0,5000 angesetzt.

Nach den Untersuchungen von MARX (1977) lag die Häufigkeit der Aortenverkalkungen bei Schlachtkühen in Norddeutschland unter 1 %. Dagegen wurde in Süddeutschland, wobei die Kalzinose-Gebiete einbezogen waren, bei 10 % der Schlachtkühe Verkalkungen in der Aorta gefunden.

Bei den von mir vorgenommenen Untersuchungen wurden auch bei Schlachtrindern gering- und mittelgradige Verkalkungen in der Aorta abdominalis gefunden, die nicht aus dem Voralpengebiet stammten. Als Ursache kommt bei ihnen unter anderem eine Überdosierung von Vitamin D in Betracht. Auf Grund der morphologischen Befunde kann hier keine ätiologische Diagnose gestellt werden. Der Kompaktaindex der drei betreffenden Kühe ist kleiner als 0,5000. Bei der Kuh Nr. 205 aus dem Kreis Dachau kommt als Ursache des hohen Kompaktaindexes ebenfalls eine Überdosierung von Vitamin D<sub>3</sub> im Zusammenhang mit der Behandlung der chronischen Tarsitis in Frage. In diesem Fall konnte auch nicht geklärt werden, ob die Kuh aus einem Kalzinose-Gebiet zugekauft war.

Aortenverkalkungen im Voralpengebiet sind wahrscheinlich überwiegend auf die Aufnahme von Goldhafer, bzw. einen additiven Effekt des Goldhafer-Wirkstoffes und Vitamin D zurückzuführen (DIRKSEN, 1977).

Goldhafer dürfte auch bei den 7 Kühen aus dem Voralpengebiet die verschiedengradigen Aortenverkalkungen hervorgerufen haben. Bei 5 von ihnen ist der Kompaktaindex größer als 0,5000.

Die durch *Trisetum flavescens* hervorgerufenen Verkalkungen beginnen in der Aorta abdominalis, im linken Vorhof des Herzens und in der Lunge. Makroskopische Veränderungen in den Knochen sind erst relativ spät zu erwarten. Dies wird bestätigt durch den Fall Nr. 210; hier lag eine hochgradige Kalzinose vor, der Kompaktaindex beträgt nur 0,5153. Andererseits steht dem hohen Kompaktaindex (0,5393) der Kuh Nr. 211 nur eine geringgradige Aortenverkalkung gegenüber.

Auch bei lebenden Kühen aus dem Voralpengebiet ist zu vermuten, daß sie Goldhafer aufgenommen haben. Sie waren jedoch nicht an Kalzinose erkrankt, sondern wegen anderer Leiden in Behandlung. Der Index von 4 der 5 Kühe ist höher als der Mittelwert der Vergleichsgruppe, erreicht aber in keinem Fall den Grenzwert von 0,5000. Leider ist am lebenden Tier keine Aussage über eventuelle geringgradige Aortenverkalkungen möglich.

Der höhere Mittelwert des Kompaktaindexes in Kalzinose-Betrieben ist Ausdruck der durch die Aufnahme von Goldhafer verursachten Osteosklerose.

DIRKSEN et al. (1970) stellten klinischen Anzeichen einer Kalzinose bei Kühen fest, nachdem sie 1 bis 1 1/2 Jahre auf goldhaferhaltige Weiden verbracht worden waren. Gehäuft tritt die Kalzinose im Alter von 3 bis 4 Jahren auf.

Für die Ausprägung der osteosklerotischen Veränderungen ist ein längerer Zeitraum notwendig, in dem die Kühe dem kalzinogenen Faktor des Goldhafers ausgesetzt sind. Denn bei den zweijährigen Rindern hatte nur eins von acht einen Index über 0,5000. Der Mittelwert (0,4603) dieses Jahrganges liegt zwar gering um 0,015 über dem Mittelwert der Vergleichsgruppe, jedoch unter dem der zweijährigen Schlachtrinder (0,4716).

Schon 50 % der dreijährigen Kühe haben jedoch einen Kompaktaindex über 0,5000, was zu einem hohen Mittelwert führt (0,5063).

In den älteren Jahrgängen ist keine Abhängigkeit vom Alter festzustellen, die Differenz der Indexwerte ist sehr groß. Somit besitzt der Mittelwert der Indices wenig Aussagekraft, er kann nur dienen als Wert für die Bestandsdiagnose. Von ihm können keine Rückschlüsse für das Einzeltier gezogen werden. Nicht alle Kühe zeigen eine Zunahme der Kompaktadicke. Im Bestand O. haben, 56,2 %, im Bestand E. 41,6 % und im Betrieb K. 42,8 % der Kühe einen Index größer als 0,5000.

Dies kann Ausdruck der individuellen Unterschiede oder auch der unterschiedlichen Expositionsdauer sein. In Frage kommen u.a. unterschiedliche Aufnahmemengen an Goldhafer, weil einzelne Tiere selektiert fressen. Auch eine geringere Sensibilität gegenüber dem kalzinogenen Agens und eine unterschiedliche hormonelle Regulation werden diskutiert (DIRKSEN, 1977).

Die gleichen Faktoren dürften auch die Ursache dafür sein, daß nicht alle Tiere eines Bestandes klinisch erkranken, sondern zeitweise nur bis 50 %. Einzelne Tiere zeigten keine sichtbaren Kalzinosesymptome trotz jahrelanger Exposition, oder sie erkrankten später als die Nachbartiere. (SPIESS, 1974).

Das Ausmaß der Ausprägung der pathologisch-anatomischen Veränderungen läßt ebenfalls eine individuell unterschiedliche Empfindlichkeit erkennen. Bei völlig gleichartigen Versuchsbedingungen "gleicht das pathologisch-anatomische Bild des einen Tieres niemals dem des anderen", wobei wahrscheinlich auf graduelle Differenzen bezug genommen wird (LIBISELLER et al., 1975).

Der unterschiedliche P-Gehalt im Blutserum könnte ein weiteres Zeichen für die individuelle Unempfindlichkeit sein.

Es ist bekannt, daß auch beim Kalziumstoffwechsel, bei der Kalziumaufnahme und der Kalziumeinlagerung in das Skelett große individuelle Unterschiede bestehen.

Für das Auftreten der klinischen Erscheinungen der Kalzinose sind offensichtlich nicht die osteosklerotischen Skelettveränderungen verantwortlich, sondern die Verkalkungen in den Blutgefäßen, dem Herzen und anderen Organen, sowie (für die Bewegungsstörungen) die Verkalkungen in den Beugesehnen.

Letztere waren röntgenologisch nur bei der Kuh Nr. 57 (von 4 untersuchten Tieren) als "deutliche Verschattungen" festgestellt worden. Die Verkalkungen der Beugesehnen sind wohl erst in einem späterem Stadium bei großflächiger Ausbreitung röntgenologisch faßbar. Die Kuh wurde lebend geröntgt, sodaß leider kein morphologischer Befund über das Ausmaß der Verkalkung erhoben werden konnte.

Da die Bewegungsstörungen nicht von den osteosklerotischen Veränderungen im Skelett abhängig sind, konnte auch kein Zusammenhang zwischen der Schwere der klinischen Störungen und der Höhe des Kompaktaindex gefunden werden. Jedoch liegt der Kompaktaindex von klinisch an Kalzinose erkrankten Kühen signifikant über 0,5000. Im Betrieb K. hat die Kuh Nr. 46, "Ritta" den höchsten Index (=0,5684), sie war auch am stärksten erkrankt und wurde inzwischen geschlachtet.

Die klinischen Störungen der Kuh Nr. 72 "Olga", die einen Index von 0,4772 hatte, sind meiner Meinung nach überwiegend als Folge der sekundären Arthropathia deformans anzusehen, die durch eine Absprengungsfraktur am Os carpi ulnare verursacht wurde. Eine weitere Kuh mit niedrigem Index (0,4680), Nr. 40 "Ida", hat sich laut Angabe des Besitzers K. im Laufe des Winters wieder erholt und ließ kaum mehr Anzeichen einer Kalzinose erkennen. Andererseits zeigten nicht alle Kühe aus den anderen Kalzinose-Beständen mit einem Kompaktaindex über 0,5000 klinische Erscheinungen der Kalzinose.

Bei den von mir durchgeführten röntgenologischen Untersuchungen konnten Gelenksveränderungen nur bei 2 Kühen (Nr. 57 und 72) festgestellt werden.

Diese im Unterschied zu den Befunden von DÄMMRICH et al. (1970) geringe Anzahl von Gelenksveränderungen ist ebenso wie die relativ niedrige Zahl klinisch kranker Kühe darauf zurückzuführen, daß die Kühe mit klinischen Erscheinungen in den letzten Jahren geschlachtet worden waren, um größere wirtschaftliche Verluste zu vermeiden. Da der Goldhaferbesatz nicht jedes Jahr gleich ist, kann die im Betrieb O. im Jahr 1976 angetroffene geringe Anzahl klinisch erkrankter Fälle darauf zurückzuführen sein.

Je nach Menge und Dauer der Goldhaferaufnahme kommt es früher oder später zu einem Anstieg des anorganischen Phosphatgehaltes im Blutserum. Nach Ende der Exposition sinkt der P-Spiegel wieder in den Normalbereich. Es treten also im P-Blutspiegel relativ rasche Änderungen auf; ein normaler P-Gehalt beim Einzeltier oder im Bestand sagt nicht aus, daß hier keine Kalzinose vorliegt.

Veränderungen im Knochen dauern Monate, deshalb kann nicht erwartet werden, daß Blutbefunde und Ergebnisse röntgenologischer Knochenuntersuchungen übereinstimmen. Der Vergleich ergab, daß kein direktes Verhältnis zwischen Höhe des Indexes und Höhe des P-Wertes vorliegt. Von 44 Kühen mit einem erhöhten P-Gehalt haben 25 einen Index, der 0,5000 übersteigt. Außer diesen 25 hatten noch drei einen Index über 0,5000, jedoch bewegte sich bei diesen 3 Tieren der P-Wert im Normalbereich. Bei 4 Kühen im Bestand O. mit normalen P-Werten war der Kompaktaindex auch kleiner als 0,5000. Bei den restlichen Kühen waren keine Blutwerte vorhanden, sodaß keine Vergleiche vorgenommen werden konnten.

Ob die im Röntgenbild sichtbare unruhige Konturierung der Kompakta des Metakarpalknochens von Nr. 65 "Dora" dem von DÄMMRICH et al. (1970) bei 2 Kühen gefundenen "vermehrten Abbau von Knochengewebe der kompakten Skelettabschnitte" entspricht, müßte eine histologische Untersuchung nach der Schlachtung zeigen.

Zwei an Kalzinose erkrankte Kühe konnten 2 bzw. 3 mal in jeweiligen Abstand von ungefähr einem Jahr geröntgt werden, während sie Futter bekamen, das keinen Goldhafer enthielt. In beiden Fällen konnte röntgenologisch keine Verschmälерung der Kompakta festgestellt werden. Nach der Schlachtung wiesen die Knochen eine große Festigkeit auf. Dies stimmt mit dem Befund von KÖHLER et al. (1974) bei einem Rind überein, welches 4 Jahre nach Entfernung von goldhaferhaltigen Weiden keine Rückbildung des pathologisch-anatomischen Krankheitsbildes zeigte. Neuere experimentelle Untersuchungen ergaben jedoch, daß beim Kaninchen nach Absetzen der kalzinogenen Noxe langfristig die Verkalkungen teilweise rückgebildet werden (HÄNICHEN, 1977). Knochen wurden dabei allerdings nicht untersucht.

Eine eventuell stattfindende Abnahme der Mineralisation und Zurückbildung des vermehrt gebildeten Knochengewebes würde auch in diesem Fall erst die spongiösen Abschnitte betreffen, wie dies bei der Osteomalazie und der Osteoporose der Fall ist. Dabei müssen die Anforderungen, die durch Laktation und Trächtigkeit an das Skelett als Depotorgan gestellt werden, berücksichtigt werden. Die beiden im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Kühe standen trocken und waren nicht wieder trächtig geworden. Eine eventuelle Rückbildung der durch Goldhafer induzierten Osteosklerose könnte röntgenologisch somit erst in einem sehr weit vorgeschrittenen Stadium erfaßt werden, wenn die endostale Kompaktagrenze abnimmt. Eine Klärung dieser Frage bleibt histologischen und mikroradiographischen Untersuchungen vorbehalten.

Auch die Röntgenuntersuchungen an Schafen weisen darauf hin, daß der Kompaktaindex zur Diagnose der durch Goldhafer hervorgerufenen endostalen Hyperostose geeignet ist. Die Messungen ergeben ebenso wie bei den Kühen keinen Hinweis auf eine Beziehung zwischen Grad der Aortenverkalkung und Höhe des Kompaktaindexes. Die Verkalkungen beginnen in der Aorta, und Veränderungen in den Knochen sind erst relativ spät und individuell

verschieden zu erwarten.

Ob der Grad der Verkalkungen in den Knochen in einem direkten Verhältnis zu dem der Verkalkungen in inneren Organen steht, müßte histologisch geklärt werden. Denn beim Schaf Nr. 20 steht eine nur geringe Aortenverkalkung einem hohen Kompaktaindex gegenüber. Dies ergibt sich auch bei den Werten von Kühen mit Aortenverkalkung (s. Tab.II). Leider konnten die Metakarpalknochen der Schafe nicht histologisch untersucht werden.

Interessant wäre auch, die geröntgten Kühe aus den Kalzinose-Betrieben nach der Schlachtung auf den Grad der Organverkalkungen und die Knochen histologisch auf die Stärke der Osteosklerose zu untersuchen, um weitergehende Vergleiche mit den Röntgenaufnahmen herzustellen. Dabei kann geklärt werden, ob die Höhe des Kompaktaindex wirklich die Stärke der osteosklerotischen Veränderungen angibt.

Dies war aus technischen, organisatorischen und (für den Landwirt) finanziellen Gründen bisher nicht möglich.

Die Röntgenuntersuchung und die Bestimmung des Kompaktaindex ( $\beta$ ) ist geeignet zur Bestandsdiagnose der Enzootischen Kalzinose. Ein hoher Mittelwert läßt auf eine stärkere Einwirkung des kalzinogenen Goldhafers schließen.

Am Einzeltier gibt ein höherer Index Hinweise darauf, daß dieses Tier osteosklerotischen Veränderungen unterworfen war.

Da nach Absetzen der Fütterung von Goldhafer auch nach Jahren keine Rückbildung der verbreiterten Kompaktaröntgenologisch festzustellen war, kann davon ausgegangen werden, daß der Kompaktaindex auch keinen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist, während dies bei den Blutwerten der Fall ist. Dies wäre als Vorteil für die Bestandsuntersuchungen, aber auch für die Untersuchungen am Einzeltier anzusehen.

So weist z.B. der Bestand O. im Herbst 1976 einen hohen Mittelwert der Kompaktaindices auf, als Zeichen einer

starken kalzinogenen Wirkung des Goldhafers in den vorangegangenen Jahren. Dagegenüber sind die Phosphatwerte und die Zahl der klinischen Erkrankungen im Vergleich zu früheren Jahren relativ niedrig.

Ein hoher Kompaktaindex des Einzeltieres gibt jedoch keine Auskunft über eine vorliegende klinische Erkrankung an Kalzinose.

Diese Diagnose muß weiterhin der klinischen Untersuchung vorbehalten bleiben. Die Röntgenuntersuchung kann dazu unterstützende Werte liefern.

## ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde zunächst die Frage geprüft, ob die bei der Enzootischen Kalzinose des Rindes histologisch und mikroradiographisch festgestellte Osteosklerose auch röntgenologisch faßbar ist. Danach sollten Parameter erstellt werden, die eine Röntgen-diagnose der Kalzinose im Bestand und am Einzeltier ermöglichen.

Die Literaturübersicht geht auf die Skelettveränderungen ein, die bei der Enzootischen Kalzinose, der Hypervitaminose D, der Enteque seco und der Kalzinose in Florida, sowie bei anderen Verkalkungskrankheiten auftreten. Sie gibt einen Überblick über die verschiedenen Methoden zur Messung der Knochenmineralisation und über deren Vor- und Nachteile. Ferner werden die Änderungen des Mineralgehaltes des Tierskeletts in Abhängigkeit von Alter, Fütterung, Laktation und Trächtigkeit dargestellt.

In den eigenen Untersuchungen wurden für die Aufstellung der Vergleichswerte isolierte Metakarpalknochen von 55 Kühen der Rasse Deutsches Höhenfleckvieh und von 25 Kühen der Rasse Deutsches Braunvieh in dorso-palmarer Position geröntgt und ausgemessen. Der "Kompaktaindex  $\beta$ " wurde als Quotient aus der "Kombinierten Kompaktadicke" und der "Diaphysenbreite" gebildet.

Der Mittelwert des Kompaktaindexes bei der Vergleichsgruppe lag bei 0,4455. Es konnte keine Beziehung gefunden werden zwischen dem Alter und Körpergewicht der Kühe oder der Länge des Metakarpus einerseits und der Diaphysenbreite bzw. des Kompaktaindexes andererseits. Auch ließ sich kein Einfluß von Laktation und Trächtigkeit auf den Kompaktaindex erkennen.

Ferner wurden die Metakarpalknochen von 13 Höhenfleckviehkühen und 10 Braunviehkühen verschiedenen Alters mit verschiedengradiger Aortenverkalkung in die Untersuchungen einbezogen. Es ergab sich keine Abhängigkeit zwischen Grad der Aortenverkalkung und Höhe des Kompaktaindexes.

Der Mittelwert der Kompaktaindices der Höhenfleckviehkühe mit verschiedengradiger Aortenverkalkung aus dem Voralpengebiet lag über dem Mittelwert der Vergleichsgruppe.

Schließlich wurden 15 lebende Kühe beider Rassen aus dem Krankengut der Chirurgischen Tierklinik, die keine Anzeichen einer Kalzinoseerkrankung zeigten, geröntgt. Ihr Kompaktaindex war nicht höher als in der Vergleichsgruppe.

Für die röntgenologische Untersuchungen auf kalzinosebedingte Knochenveränderungen dienten insgesamt 74 Höhenfleckviehkühe aus drei betroffenen Betrieben. Tiere mit klinischen Anzeichen einer Kalzinose wiesen einen Kompaktaindex über 0,5000 auf. Der Mittelwert des Kompaktaindex in den Beständen lag signifikant höher als der Vergleichswert. Doch hatten nicht alle Kühe eines Bestandes einen Index größer als 0,5000. Dies kann Ausdruck der individuellen Unterschiede sein. Ebenso waren von 37 Kühen mit einem Index über 0,5000 nur 19 klinisch erkrankt.

Ein Vergleich zwischen der Höhe des Indexes und der Höhe des Gehaltes an anorganischem Phosphor im Blutserum ergab, daß kein direktes Verhältnis zwischen diesen beiden Werten vorliegt. Jedoch hatten Kühe mit einem Index größer als 0,5000 einen P-Gehalt größer als 6,5 mg%.

Zwei an Kalzinose erkrankte Kühe konnten geröntgt werden, nachdem sie 2 Jahre lang Futter bekommen hatten, welches keinen Goldhafer (*Trisetum flavescens*) enthielt. Röntgenologisch konnte keine Verschmälnerung der Kompakta festgestellt werden.

Zusätzlich waren die Metakarpalknochen von 5 gesunden und zehn Schafen, die 82 Tage lang einer *Trisetum*-Fütterung in unterschiedlicher Aufbereitung ausgesetzt waren, röntgenologisch geprüft worden. Die Mittelwerte der beiden Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant,

jedoch haben 6 Schafe aus der Versuchsgruppe einen erhöhten Kompaktaindex über 0,4000. Auch bei dieser Tierart besteht keine Beziehung zwischen dem Grad der Aortenverkalkung und der Höhe des Kompaktaindex.

Die Röntgenuntersuchung und die Bestimmung des Kompaktaindex ( $\beta$ ) ist geeignet zur Bestandsdiagnose der Enzootischen Kalzinose. Am Einzeltier gibt ein höherer Index Hinweise auf osteosklerotische Veränderungen. Der Kompaktaindex ist keinen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen, wie dies bei dem anorganischen P-Gehalt im Blutserum der Fall ist. Dies wäre als Vorteil für die Bestandsuntersuchungen, aber auch für die Untersuchungen am Einzeltier anzusehen.

Ein hoher Kompaktaindex des Einzeltieres gibt jedoch keine Auskunft über eine vorliegende klinische Erkrankung an Kalzinose.

Diese Diagnose muß weiterhin der klinischen Untersuchung vorbehalten bleiben. Die Röntgenuntersuchung kann dazu unterstützende Werte liefern.

## SUMMARY

The purpose of this dissertation was to investigate whether osteosclerosis, which was found in cattle affected with "enzootic calcinosis" by histological and microradiographic techniques, can be detected by means of X-rays. Secondly, parameters were to be derived, which allow the diagnosis of calcinosis in the herd as well as in the individual.

The literature survey deals with the skeletal changes, which occur in the enzootic calcinosis, the hypervitaminosis D, the Entequo seco and the calcinosis in Florida, and also in other calcinosis in cattle. It summarises the different methods of measuring the amount of bone tissue in the skeleton and their advantages and disadvantages. The changes in the mineral content of the skeleton depending on age, feeding, lactation and pregnancy are then presented.

For the present research isolated metacarpal bones of 55 cows of the breed "Deutsches Höhenfleckvieh" and 25 cows of the breed "Deutsches Braunvieh" were x-rayed and measured for comparison. The "cortical index  $\beta$ " was determined as the ratio of the "combined cortical thickness" and the "diameter of the bone".

The mean value of the cortical index was 0,4455 in the comparison group. No relation between age, body weight of the cows or the length of the metacarpal bone on the one hand and the diaphyseal diameter and the cortical index on the other hand could be found. No influence of lactation or pregnancy on the cortical index could be detected either.

Furthermore, metacarpal bones of 13 cows of the breed "Deutsches Höhenfleckvieh" and 10 cows of the breed "Deutsches Braunvieh" of various age and various degree of aortic calcifications were examined. No dependence of the degree of calcification on the value of the cortical index resulted. The mean value of the cortical index of the cows of the breed "Deutsches Höhenfleck-

vieh" with different degree of calcification from upper bavaria was higher than the mean value of the comparison group.

Finally, 15 alive cows of both breeds, patients of the Chirurgische Tierklinik which showed no evidence of calcinosis, were X-rayed. The cortical index was not higher than that of the comparison group.

To investigate the skeletal changes induced by calcinosis, 74 cows of the breed "Deutsches Höhenfleckvieh" from 3 different affected farms were examined by X-ray. Cows with clinical signs of calcinosis had a cortical index of more than 0,500. The mean value of the cortical index in the herds was significantly higher than the comparison value. But not all cows of one herd had an index higher than 0,5000. This may be an expression of individual variations. Similarly, not all cows with an index higher than 0,500 showed signs of disease.

A comparison between the index and the concentration of anorganic phosphorus in the blood serum revealed, that no direct relation exists between these two values. Cows with an index higher than 0,500, however, had a concentration of phosphorus higher than 6,5 mg%.

Two cows suffering from calcinosis could be X-rayed after having been fed without yellow oat grass (*Trisetum flavescens*) for two years. No reduction in cortical thickness could be detected.

Additionally, the metacarpal bones of 5 healthy sheep and 10 sheep, which had been fed with *Trisetum* in various preparations, were examined by X-ray. The mean values of both groups do not differ significantly, but 6 sheep of the examined group had a cortical index of over 0,4000. In this species as well, there is no relation of the degree of aortic calcification to the value of the cortical index.

The X-ray studies of the skeleton and the determination of the cortical index is well suited for the diagnosis of enzootic calcinosis in a given herd. In the individual, a higher index indicates a change in osteosclerosis.

The cortical index is not subject to seasonal variations. This has to be regarded as an advantage over blood tests.

A high cortical index of the individual, however, yields no information about a clinical illness in calcinosis.

This diagnosis must still be reserved to a clinical examination, the X-ray examination can only assist.

# LITERATURVERZEICHNIS

- ANDREAE, U. und K. DÄMMRICH (1972)  
Über die Beeinflussung der Skelettentwicklung  
durch energetisch unterschiedliche Fütterung  
bei eineiigen Zwillingsbullen.  
Berlin. Münchn. Tierärztl. Wschr. 85, 261-265
- ARNOLD, R.M. und J.H. FINCHAM (1950)  
Cardiovascular and pulmonary calcification  
apparently associated with mineral imbalance  
in Jamaica.  
J. Comp. Path. and Therap. 60, 51-64
- ARNOLD, R.M. (1954)  
Manchester Wasting Disease.  
A disease of ruminants manifested by metastatic  
calcification especially of the cardiovascular  
system.  
West Indian Med. J. 3, 1-8
- ARNOLD, R.M. und G. BRAS (1956)  
Observations on the morbid anatomy and histology  
of Manchester wasting disease in Jamaica and  
related conditions in other countries of the  
Americas.  
Am. J. Vet. Res. 17, 630-639
- ARNOLD, J.S., M.H. BARTLEY, S.A. TONT und D.P. JENKINS (1966)  
Skeletal changes in Aging and Disease.  
Clinical Orthopedics 49, 17-38
- BARNETT, E. und B.E.C. NORDIN (1960)  
The radiological diagnosis of osteoporosis:  
A new approach.  
Clinical Radiology 11, 166-174
- BENZIE, D., A.W. BOYNE, A.C. DALGARNO, J. DUCKWORTH,  
R. HILL und D.M. WALKER (1955)  
Studies of the skeleton of the sheep  
I. The effect of different levels of dietary  
calcium during pregnancy and lactation on  
individual bones.  
J. Agric. Sci. Camb. 46, 425-439

dieselben (1956)

Studies of the skeleton of the sheep

II. The relationship between calcium intake and resorption and repair of the skeleton in pregnancy and lactation.

J. Agric. Sci. Camb. 48, 175-186

dieselben (1959)

Studies of the skeleton of the sheep

III. The relationship between phosphorus intake and resorption and repair of the skeleton in pregnancy and lactation.

J. Agric. Sci. Camb. 52, 1-13

BLINCOE, C., A.L. LESPERANCE und V.R. BOHMANN (1973)

Bone magnesium, calcium and strontium concentrations in range cattle.

J. Anim. Sci. 36, 971-975

BONNARD, G.D. (1968)

Cortical thickness and diaphysial diameter of the metacarpal bones from the age of three months to eleven years.

Helvetia Paediatrica Acta 23, 445-462

BÖRNER, W., E.MOLL, E. RAUCH und G. HEIEIS (1971)

Ein empfindliches Messverfahren zur radiologischen Bestimmung der Mineralsalzdichte in Spongiosa und Kompakta der Fingerknochen.

Z.f. Orthop. 108, 503-507

BREITLING, G. und R. HINESS (1973)

Probleme der Dickenmessung.

In : HEUCK, F. Densitometrie in der Radiologie, Symposium der "Gesellschaft für Biomedizinische Technik" gemeinsam mit der "Deutschen Röntgenologen Gesellschaft" - Stuttgart 1971

G. Thieme Verlag Stuttgart

CAPEN, C.C., C.R. COLE und J.W. HIBBS (1966)

The pathology of hypervitaminosis D in cattle.

Arch. Vet. 3, 350-378

CARILLO, B.J. und N.A. WORKER (1967)

Enteque seco: Arteriosclerosis y calcificacion metastatica de origen toxico en animales a pastoreo.  
Rev. Invest. Agropecuarias, INTA, Argent., Serie 4,  
Path.Anim. 4, 9-30 und  
Actas del Congreso Argentino de la Reproducciòn  
Animal, Buenos Aires 1967, II, 101-110

CARILLO, B.J. (1971)

The pathology of Enteque seco and experimental  
Solanum malacoxylon toxicity.  
Thesis, University of California, Davis  
zit. nach DÄMMRICH und Mitarbeiter (1975)

COLE, C.R., D.M. CHAMBERLAIN, J.W. HIBBS, W.D. POUNDEN  
und C.R. SMITH (1957)

Vitamin D poisoning in a cow, from a study on  
the prevention of parturient paresis.  
J. Amer. vet. med. Ass. 130, 298-299

COLLIER, W.A. (1927)

Zur Kenntnis einer als "Enteque" bezeichneten  
Krankheit der Rinder in der Provinz Buenos Aires.  
Z. Infekt.-Kr., parasit.Kr., Hyg. Hst. 31, 81-92

COPLAND, I.W. (1975)

Enzootic calcinosis of cattle in Papua New Guinea.  
Aust. Vet. J. 51, 326

DALEN, N. (1973)

Bone mineral assay. Measuring sites; clinical  
applications.  
Med. Dr. Thesis: Department of Medical Engineering,  
Karolinska institutet, Stockholm, Sweden, pp.86  
zit. nach ZETTERHOLM, R. und N. DALEN (1976)

DÄMMRICH, K. (1963)

Experimentelle D<sub>3</sub>-Hypervitaminose bei Mäusen.  
Zbl. Vet. Med. A. 10, 322-349

DÄMMRICH, K. (1967)

Osteoporose bei erwachsenen Tieren.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 74, 138-142

DÄMMRICH, K. (1970)

Zur formalen Pathogenese der Systemerkrankungen  
des Skeletts bei Tieren.

Berlin. Münchn. Tierärztl. Wschr. 83, 106-112

DÄMMRICH, K., G. DIRKSEN und P. PLANK (1970)

Über eine enzootische "Kalzinose" beim Rind -  
3. Skelettveränderungen.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 77, 342-346

DÄMMRICH, K. und J. UNSHELM (1972)

Entwicklung und entwicklungsabhängige Veränderungen  
des Os femoris bei 205 Tage alten Schweinen mit  
unterschiedlicher Nutzungsrichtung und Größe.

Zbl. Vet. Med. A. 19, 445-476

DÄMMRICH, K., J. DÖBEREINER, S.H. DONE und C.H. TOKARINA (1975)

Skelettveränderungen nach Vergiftungen mit  
Solanum malacoxylon bei Rindern.

Zbl. Vet. Med. A. 22, 313-329

DÄMMRICH, K. (1976)

Kalziumstoffwechselstörungen und Skelettveränderungen  
bei Hunden und Katzen.

Report Nr. 3 der "Effem-Forschung für Kleintiernahrung"

DIRKSEN, G. (1969)

Neuere Beobachtungen und Entwicklungen auf dem Gebiet  
der Stoffwechselstörungen der Hochleistungskuh.

Tagungsbericht der "Schaumann-Stiftung zur  
Förderung der Agrarwissenschaften", S. 55-64

DIRKSEN, G., P. PLANK, A. SPIESS, T. HÄNICHEN und  
K. DÄMMRICH (1970)

Über eine enzootische "Kalzinose" beim Rind -  
1. Klinische Beobachtungen und Untersuchungen.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 77, 321-338

DIRKSEN, G., P. PLANK, T. HÄNICHEN, K. DÄMMRICH und  
A. SPIESS (1971)

Über eine enzootische "Kalzinose" beim Rind -  
4. Untersuchungen an Schafen mit selektiver  
Verfütterung von Klee, Gräsern oder Kräutern.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 78, 9-12

- DIRKSEN, G., P. PLANK, K. DÄMMRICH und T. HÄNICHEN (1971)  
Das klinische und pathologisch-anatomische Bild  
einer enzootischen Kalzinose beim Rind.  
Vet. Med. Nachr. (Bayer) 1971, 199-214
- DIRKSEN, G., P. PLANK, T. HÄNICHEN und A. SPIESS (1972)  
Über eine enzootische Kalzinose beim Rind -  
5. Experimentelle Untersuchungen an Kaninchen  
mit selektiver Verfütterung von Knautgras  
(*Dactylis glomerata*), Goldhafer (*Trisetum  
flavescens*) und einem Gräsergemisch.  
Dtsch. tierärztl. Wschr. 79, 77-79
- Dieselben (1973)  
Über eine enzootische Kalzinose beim Rind -  
VI. Experimentelle Kalzinose beim Kaninchen durch  
selektive Verfütterung von Goldhafer (*Trisetum  
flavescens*).  
Dtsch. tierärztl. Wschr. 80, 148-152
- DIRKSEN, G., P. PLANK, U. SIEMON, T. HÄNICHEN, P. DANIEL  
und A. SPIESS (1974)  
Über eine enzootische Kalzinose beim Rind -  
VII. Nachweis der kalzinogenen Wirkung von Gold-  
hafer (*Trisetum flavescens* [L.] P.B.) beim Wieder-  
käufer.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 81, 1-5
- DIRKSEN, G. (1977) Persönl. Mitteilung
- DÖBEREINER, J. und K. DÄMMRICH (1974)  
26. Skelettveränderungen bei Rindern nach Ver-  
giftungen mit *Solanum malacoxylon* Sendtner.  
Verh. Dtsch. Ges. Path. 58, 323-326
- DOBEREINER, J.S., H. DONE und L.E. BELTRAN (1975)  
Experimental *Solanum malacoxylon* poisoning  
in calves.  
Br. vet. J. 131, 175
- DOUGLAS, S.W. und H.D. WILLIAMSON (1963)  
Principles of Veterinary Radiography  
Ballière, Tindal and Cox, London

- DOWE, T.W., J. MATSUSHIMA und V.A. ARTHAUD (1957)  
The effects of adequate and excessive calcium  
when fed with adequate phosphorus in growing  
rations for beef calves.  
J. Anim. Sc. 16, 811-820
- ELLINGER, G.M., J. DUCKWORTH, A.C. DALGARNO und  
M.H. QUENOUILLE (1952)  
Skeletal changes during pregnancy and lactation  
in the rat: Effect of different levels of  
dietary calcium.  
Brit. J. Nutr., 6, 235-253
- ERTELT, W. (1955)  
Untersuchungen über Körpergröße und Knochen-  
struktur bei Säugetieren.  
Zoolog. Jahrbücher Abteilung für Anatomie und  
Ontogenie der Tiere. Jena. Jb. 74, 588-638
- EXTON-SMITH, N., P.H. MILLARD, P.R. PAYNE und  
E.F. WHEELER (1969, a)  
Method for measuring quantity of bone.  
The Lancet 2, 1153-1154
- Dieselben (1969, b)  
Pattern of development and loss of bone with age.  
The Lancet 2, 1154-1157
- FOCK, J. (1966)  
Metrische Untersuchungen an Metapodien einiger  
europäischer Rinderrassen.  
Vet.med. Diss. München
- FORNELLI, G. (1975)  
L'Indice di Exton-Smith: Determinazione su Radio-  
grafie di Metacarpi e Metatarsi di Bovini. Valore  
e Limit nelle Sindrani dismetaboliche e nelle  
Afezioni scheletriche.  
Diss. Torino/ Italien
- FOURMANN, P. (1963)  
Kalziumstoffwechsel und Knochenkrankheiten.  
G. Thieme Verlag Stuttgart

FROMMHOLD, W. und G. SCHONKNECHT (1961)

Untersuchungen über die Absorption und Feinstruktur von Knochen mittels monochromatischer Röntgenstrahlung.

Fortschr. Röntgenstr. 93, 358-366

FUNK, K. (1966)

Röntgenanatomische Untersuchungen am Karpalskelett des Rindes.

Vet. med. Diss. Hannover

von GABEL, M., K. FRIEDEL und S. POPPE (1974)

Der Röntgentest-eine Methode zur Beurteilung der Kalzium- und Phosphor-Versorgung bei Rind und Schwein.

1.Mitt.: Untersuchungen an Rindern und Schweinen  
Mh. Vet. Med. 26, 469-474

GARN, St.M., Ch.G. ROHMAN, B. WAGNER und G.H. DAVILA (1968)

Dynamics of change at the endostal surface of tubular bones.

In: Progress in Methods of bone mineral measurement. Conference in Bethesda, Maryland, February 15, 1968. zit. nach HEUCK, F. und Mitarbeiter (1973)

HÄNI, H., J. THOMANN und H. SCHÄFER (1975)

Zur Calcinose des Jungferkels.

Schweiz.Arch. Tierheilk. 117, 9-30

HÄNICHEN, T., P. PLANK und G. DIRKSEN (1970)

Über eine enzootische "Kalzinose" beim Rind -

2. Histomorphologische Befunde an den Weichgeweben.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 77, 338-342

HÄNICHEN, T., G. DIRKSEN und P. PLANK (1974)

Gewebsverkalkungen bei Schlachttieren unter besonderer Berücksichtigung einer enzootischen Kalzinose beim Rind.

Schlacht- und Viehhof-Zeitung 74, 211-215

HÄNICHEN, T. (1977)

Untersuchungen zur Rückbildungsfähigkeit von Verkalkungen im Hinblick auf die enzootische Kalzinose des Rindes.

26. Tagung d. Europ. Gesellschaft f. Vet. Path., Erlangen

- HANSARD, S.L., C.L. COMAR und M.P. PLUMLEE (1954)  
The effects of age upon calcium utilization and  
maintenance requirements in the bovine.  
J. Anim. Sci. 13, 25-36
- HASS, G.M., R.E. TREUHART, C.B. TAYLOR und M. STUMPE (1958)  
An experimental histologic study of hyper-  
vitaminosis D.  
Amer. J. Path. 34, 395-431
- HAUSSLER, M.R., R.H. WASSERMAN, T.A. Mc CAIN, M. PETERLIK,  
K.M. BURSAC und M.R. HUGHES (1976)  
Identification of a calcinogenic principle of  
Solanum malacoxylon.  
Life Sci. 18, 1049-1056
- HELLNER, H. und H. POPPE (1956)  
Röntgendifferentialdiagnose der Knochenerkrankungen.  
G. Thieme Verlag Stuttgart
- HEUCK, F. (1962)  
Der röntgenologische Nachweis generalisierter  
Osteopathien.  
Internist 3, 252-256
- derselbe (1969)  
Mikroradiographische Untersuchungen der Mineralisation  
des gesunden und kranken Knochengewebes.  
Der Radiologe 9, 142-147
- HEUCK, F., E. MANZKE und K. VANSELOW (1973)  
Informationswert, Meßgenauigkeit und klinischer  
Einsatz verschiedener Meßverfahren.  
In: HEUCK, F.: Densitometrie in der Radiologie.  
Symposium der "Gesellschaft für Biomedizinische  
Technik" gemeinsam mit der "Deutschen Röntgeno-  
logen Gesellschaft" - Stuttgart 1971  
G. Thieme Verlag Stuttgart
- KELLNER, B. (1933)  
Die Veränderungen weißer Ratten bei Vergiftung  
mit bestrahltem Ergosterin.  
Virchows Arch. 288, 491-526

- KILLIN, K. (1975)  
Die Bestimmung des Mineralsalzgehaltes mit einer  
Zweispktren-Methode.  
Röntgen-Praxis 28, 54-56
- KÖHLER, H. und R. LIBISELLER (1970)  
Über das Auftreten der sogenannten "Weidekrankheit"  
bei Kühen in Österreich in Zusammenhang mit  
Düngung und Fütterung.  
Zbl. Vet. Med. A. 17, 289-337
- KÖHLER, H., J. LEIBTSEDER, R. LIBISELLER, M. SKALICKY  
und R. SWOBODA (1974)  
Zur Kalzinose des Rindes.  
I. Untersuchungen zur Pathologie und zum Phosphor-  
stoffwechsel mehrmals an Kalzinose erkrankter  
Rinder.  
Zbl. Vet. Med. A. 21, 613-637
- KÖHLER, H. (1977)  
Die Kalzinose des Rindes und der derzeitige Stand  
ihrer Erforschung.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 84, 98-100
- KRAHMER, R. (1972)  
Über die Wachstumsveränderungen des Skeletts beim  
weiblichen Deutschen Schwarzbunten Rind von der  
Geburt bis zum Wachstumsabschluß (über 5 Jahre),  
unter besonderer Berücksichtigung der Gliedmaßen.  
Anat. Anz. Bd. 131, 136-145
- KROKOWSKI, E. (1975)  
Radiologische Möglichkeiten zur individuellen  
Diagnostik und pathogenetischen Deutung der Osteoporose.  
Röntgen-Praxis 28, 82-86
- KROOK, L., L. LUTWAK, K. Mc ENTÉE, P.-A. HENRIKSSON,  
K. BRAUN und S. ROBERTS (1971)  
Nutritional hypercalcitoninism in bulls.  
Cornell Vet. 61, 625-639

- KROOK, L., R.H. WASSERMAN, I.N. SHIVELY, A.H. TASHJIAN,  
T. BROKKEN und I.F. MORTON (1975, a)  
Hypercalcaemia and calcinosis in Florida horses:  
Implication of the shrub *Cestrum diurnum* as the  
causative agent.  
Cornell Vet. 65, 26-56
- KROOK, L., R.H. WASSERMANN, K. Mc ENRTEE, T.D. BROKKEN  
und M.B. TEIGLAND (1975, b)  
*Cestrum diurnum* poisoning in Florida cattle.  
Cornell Vet. 65, 557-575
- LADIZESKY, M., M. CABREJAS, C. LABARRERE und C. MAUTALEN  
(1974)  
*Solanum malcoxydon* and Vitamin D: Comparison of  
its antirachitic activity and its effect on the  
intestinal absorption of calcium in the rat.  
Acta Endocrin. Panam. 5, 71-78
- LAFLEME, G.H. und J. JOWSEY (1972)  
Bone and soft-tissue reaction to an increased  
intake of phosphate in animals.  
J. of Bone and Joint Surgery 54 A, 1123-1124
- LEGEL, S. (1972/73)  
Untersuchungen zum latenten Phosphormangel in der  
Entwicklung wachsender Wiederkäuer.  
9. Mitteilung: Das Verhalten der P- und Ca- Konzen-  
tration ausgewählter Knochen von unterschiedlich  
mit Phosphor versorgten graviden Färsen sowie von  
Nachkommen, variiert mit Phosphor gefütterter Färsen.  
Jahrb. Tierernähr. u. Futter, Berlin 8, 199-207
- LIBISELLER, R. und P. GUNHOLD (1969)  
Calcinosen bei Kühen.  
Die Naturwissenschaften 56, 39
- LIBISELLER, R. und H. KÖHLER (1973)  
Belastungsversuche mit Dicalciumphosphat bei Rindern.  
Wien. Tierärztl. Mschr. 60, 288-295

LIBISELLER, R., E. GLAWISCHNIG, H. KÖHLER und R. SWOBODA  
(1974)

Zur Kalzinose der Rinder in Österreich

II. Experimentelle Auslösung einer Kalzinose bei  
Schafen und Kaninchen.

Zbl. Vet. Med. A 21, 705-730

Dieselben (1976)

Zur Kalzinose der Rinder in Österreich

III. Experimentelle Auslösung einer Kalzinose bei  
Schafen und Kaninchen durch grünen Goldhafer (*Trisetum  
flavescens*) aus dem pannonischen Klimagebiet.

Zbl. Vet. Med. A 23, 1-30

LINDT, S. (1968)

D-hypervitaminotische Calcinose bei verschiedenen  
Tierarten.

Wien. Tierärztl. Mschr. 54, 148-164

LITTLE, D.A. (1972)

Bone biopsy in cattle and sheep for studies of  
phosphorus status.

Australian Vet. J. 48, 668-670

LYND, F.T., E.H. WILLERS, L.A. WEIGHT und P.W. GEBAUER (1965)

Bovine arteriosclerosis in Hawaii.

Am. J. Vet. Res. 26, 1344-1349

MANZKE, E. und H. MANZKE (1973)

Radiologische Dickenmessungen der Compacta bei  
Kindern mit generalisierter Osteopathie.

Mschr. Kinderheilk. 121, 135-139

MARX, H.J. (1977) mündl. Mitteilung

MEEMA, H.E. und S. MEEMA (1969)

Cortical bone mineral density versus cortical  
thickness in the diagnosis of osteoporosis.

J. Amer. Geriat. Soc. 17, 120-142

- NEUMANN, F., T.A. NOBEL und U. KOLOPFER (1973)  
Calcinosis in goats.  
J. Comp. Path. 83, 343-350  
zit. n. HUMPHREYS, D.J., C.D.K. BASUDDE, Z. VARGHESE  
und J.F. MOORHEAD (1975): Plant induced calcinosis  
in animals. In : Vitamin D and problems to uremic  
bone disease.  
Walter de Gruyter & Co Berlin, New York
- NICKEL, N., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE (1968)  
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere  
Band I: Bewegungsapparat  
Paul Parey Verlag Berlin, Hamburg, 3. Auflage
- NIEBERLE, K. und P. COHRS (1970)  
Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie  
der Haustiere.  
Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 5. Auflage
- NORMAN, A.W. (1974)  
Gegenwärtige Vorstellungen zum biochemischen  
Wirkungsmechanismus von Vitamin D.  
Münch. med. Wschr. 116 (37), 1585-1598
- OBEL, A.-L. (1969)  
Hypo- und Hypervitaminosen.  
In : JOEST, E. (1969): Handbuch der speziellen  
pathologischen Anatomie der Haustiere  
Band I : Bewegungsapparat, 404-439  
Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 3. Auflage
- PALMER, N.C. (1970)  
Nutritional imbalances relating to bone disorders  
in large domestic animals.  
Victorian Vet. Proc. 28, 55-57
- PAYNE, J.M. (1967)  
The cause and prevent of milk fever.  
Vet. Record 79, Suppl. I - II
- POZZI, L. (1971)  
Densimetria ossea per mezzo di radiazioni ionizzanti  
La Nuova Veterinaria 47, 89-93

- POZZI, L. (1972)  
Bone densimetry by means of evaluation of calcium contents with an X-ray analyser.  
Folia Vet. Latina 2, 572-579
- POZZI, L. und G. FORNELLI (1974)  
Determinazione dell'indice di Exton-Smith su radiografie die metacarpi e metatarsi di bovini.  
Atti Soc. It. Sci. Vet. 28, 484-485
- POZZI, L. und G. TRUCCHI (1975)  
Dispositivo per misurazione di spessori e contemporanee letture densimetriche con impiego di sorgenti radioattive a fascio collimato.  
Atti Soc. It. Sci. Vet. 29, 386-388
- POZZI, L. und G. TRUCCHI (1976)  
Bone densimetry by gamma-radiations in distal limbs of large animals.  
4th International Conference on Veterinary Radiology, Cambridge (U.K.), Sept, 1976.  
In: Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Torino, 23, 3-16
- PRATT, C. und N.M. McCANCE (1964)  
Severe undernutrition in growing and adult animals  
14. The shafts of the long bones in pig.  
Brit. J. Nutr. 18, 613-624
- PRIBOTH, W., D. BORNERT und H. FRITZSCHE (1966)  
Zur Methode der röntgenologisch-photometrischen Bestimmung des Aschegehaltes im Knochen beim Rind.  
Zbl. Vet. Med. A. 13, 628-644,
- RENK, W. (1961)  
Knochenveränderungen bei Kalkstoffwechselstörungen der Haustiere.  
Zbl. Vet. Med. 8, 781-786
- ROSENBERGER, G. (1970)  
Krankheiten des Rindes.  
Verlag Paul-Parey- Berlin u.Hamburg

ROWLAND, G.N. (1971)

Mikroradiographic evaluation of bone and fine structural alterations of thyroidal parafollicular cells in response to changes in calcium homeostasis. Dissertation Abstracts International 32 B, No.3, 1916

ROWLAND, G.N., C.C. CAPEN, D.M. YOUNG und H.E. BLACK (1972)

Mikroradiographic evaluation of bone from cows with experimental hypervitaminosis D, diet-induced hypocalcemia and naturally occurring parturient paresis. Calcified Tissue Research 9, 179-193

RUTISHÄUSER, E. und E. MARTIN (1942)

Métabolisme calcique et osteopathie généralisée. Schweiz. med. Wschr. 678, 1425-1426

SANSOM, B.F. (1969)

Variations in the relative cortical mass of tail bones of cows during pregnancy and lactation. Brit. Vet. J. 125, 454-457

SCHEBITZ, H. und W. BRASS (1975)

Allgemeine Chirurgie für Tierärzte und Studierende Verlag Paul Parey- Berlin u.Hamburg

SCHILD, U. (1962)

Metrische Untersuchungen an Metakarpal- Metatarsalknochen gesunder Rinder, als Grundlage für die pathologisch-anatomische Beurteilung der Hauptmittelfußknochen. Inaug.Diss. Zürich

SCHMID, A. (1968)

Physiologische, pharmakologische und toxische Aspekte des Knochenstoffwechsels. Berlin. Münchn. Tierärztl. Wschr. 81, 281-285

SEFFNER, W., D. LANGE und H. SCHOTTSTEDT (1976)

Beitrag zum Ca-P-Stoffwechsel des Skelettsystems der Milchkuh anhand histometrischer Verlaufsuntersuchungen an der Substantia spongiosa des Tuber coxae. Arch. exper. Vet. med., Leipzig 39, 599-607

- SEEKLES, L., P. REITSMA, Th.De MAN und J.H.S. WILSON (1958)  
Resultaten von den tijdige intraveneuze toediening  
von hoge doseringen kristallijn vitamin D<sub>3</sub> in geso-  
lubiliseerde vorm an rundvee voorkoming van  
melkziekte.  
Tijdschr. Diergeneesk. 83, 125-136
- SIEMON, N.J. und E.W. MOODIE (1973)  
Body weight as a criterion in judging bone mineral  
adequacy.  
Nature 243, 541-543
- Dieselben (1974)  
Reproducability of specific gravity estimations  
on bone samples from different sites of cattle  
and sheep.  
Calc. Tiss. Res. 15, 181-188
- SIEMON, N.J., E.W. MOODIE und D.F. ROBERTSON (1974)  
The determination of bone density by radiation  
absorption.  
Calc. Tiss. Res. 15, 189-199
- SPIESS, A. (1974)  
Weitere Beobachtungen über Wesen und Verlauf der  
enzootischen Kalzinose des Rindes. - Erhebungen  
in einem Allgäuer Betrieb.  
Vet. med. Diss. Gießen
- STÖBER, M. (1970)  
Hypokalzämische Gebärlähmung.  
In : ROSENBERGER, G. (1970): Krankheiten des Rindes,  
S.1009 -1021 ; Verlag Paul-Parey , Berlin u.Hamburg
- THEILER, A. (1933)  
Untersuchungen über den Bau normaler und durch  
kalzium- und phosphorarme Nahrung veränderter  
Rinderknochen.  
Schweiz. Arch. Tierheilk. 75, 339-366
- URIBE, A., M.F. HOLICK, N.A. JORGENSEN und H.F. De LUCA  
(1974)  
Action of Solanum malacoxylon on calcium  
metabolism in the rat.  
Biochem. biophys. Res. Commun. 62, 257-262

WASSERMAN, R.H. (1974)

Calcium absorption and calcium-binding protein  
synthesis: *Solanum malacoxylon* reverses  
strontium inhibition.  
*Science* 183, 1092-1094

WASSERMAN, R.H. (1975)

Active Vitamin D-Like Substances in *Solanum*  
*malacoxylon* and other Calcinogenic Plants.  
*Nutrition Reviews* 33, 1-5

WASSERMAN, R.H., R.H. CORRADINO und L.P. KROOK (1975)

*Cestrum diurnum*: A domestic plant with  
1,25-Dihydroxycholecalciferol-like activity.  
*Biochem. a. Biophys. Res. Commun.* 62, 85-91

WASSERMAN, R.H., L.P. KROOK und G. DIRKSEN (1977)

Evidence for antirachitic activity in the  
calcinogenic plant *TRisetum FLAVESCENS*.  
*Cornell Vet.* (in Druck)

WENTHWORTH, R.A., F.A. KALLFELZ, F.L. HOLTZ, H. SCHRYVER,  
B. SHEFFY und L.P. KROOK (1971)

In vivo estimation of bone mineral content:  
a research and diagnostic technique in  
Veterinary Medicine.  
*Am. J. Vet. Res.* 32, 985-992

WERNER, K. (1964)

Über den Einfluß eines wechselnden Ca-P-Ver-  
hältnisses auf den Ca-, Na-, K-, Cu- Stoff-  
wechsel beim Rind.  
*Vet. med. Diss. Hannover*  
zit. n. DÄMMRICH et al. (1970)

WILSON, J.H.G. (1964)

Over het melkziektesyndroom bij het rund.  
*Proefschrift, Utrecht*

WOLF, M. (1976)

Untersuchungen über die kalzinogene Aktivität  
von *Trisetum flavescens* [(L.) P.B.] am Kaninchen.  
*Vet. Med. Diss. München*

- WORKER, N.A. und J. CARILLO (1967)  
"Enteque seco" calcification and wasting in  
grazing animals in the Argentine.  
Nature 215, 72-74
- ZETTERHOLM, R. (1972)  
Osteopetrosis and Hyperostosis in Cattle.  
Acta radiol. Stockholm Suppl. 319, 107-116
- ZETTERHOLM, R. und N. DALEN (1976)  
Bone mineral determination in coccygeal vertebrae  
of cattle by dichromatic photon absorptiometry.  
Acta vet. Scand. (in Druck)
- ZETTERHOLM, R. (1976, a)  
Bone mineral changes in growing, pregnant and  
lactating cattle.  
Acta vet. Scand. (in Druck)
- ZETTERHOLM, R. (1976, b)  
Bone mineral changes in dairy cows.  
The effect of low and high calcium feedin during  
late pregnancy and at parturition.  
Acta vet. Scand. (in Druck)
- ZETTERHOLM, R. (1976, c)  
Bone mineral changes in lactating cows.  
The effect of low and high calcium feeding  
during the high yielding period.  
Acta vet. Scand. (in Druck)
- ZIETZSCHMANN, O. und O. KRÖLLING (1955)  
Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere.  
Verlag Paul Parey -Berlin u. Hamburg, 2. Auflage
- ZUCKER, H., O. KREUTZBERG und R.A. RAMBECK (1977)  
Vitamin D-Like Action of a steroid from  
Trisetum flavescens.  
Proc. III. Workshop on Vitamin D, Asilomar ,  
Pacific Grove, California, January 9-13, 1977



Herrn Prof. Dr. H. Schebitz danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und des Arbeitsplatzes und für die gewährte Unterstützung.

Herrn Prof. Dr. G. Dirksen danke ich besonders für die Organisation und Vermittlung der Herdenuntersuchungen und für die Hinweise zur Durchführung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. W. Zedler für die immer freundlich und jederzeit gewährte Hilfe und für viele wertvolle Hinweise.

Herrn Dr. Hänichen danke ich für die Überlassung der morphologischen Befunde und für die Ratschläge.

Herrn Dr. Osterkorn danke ich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung, und den Röntgenassistentinnen Frau Groß und Frau Landherr für die viele Hilfe beim Anfertigen und Entwickeln der Röntgenaufnahmen in der Klinik.

Herrn Dr. H. Schneidawind, Leiter der Sanitätsanstalt des Schlachthofes München und seinem Mitarbeiter Herrn A. Zeitler sei herzlichst gedankt für die ständige Hilfsbereitschaft.

Der Kollegin M. Schmid und den Kollegen G. Marchang und W. Ullrich danke ich für freiwillige und zeitaufwendige Hilfe bei den Bestandsuntersuchungen. Der Kollegin E. Becker sei gedankt für die Anfertigung der Abbildungen.

Schließlich gilt mein Dank den Landwirten Obermüller, Esterl und Kniegel für die freundlich gewährte Unterstützung.



## L E B E N S L A U F

Am 14. Januar 1950 wurde ich, Helmut Christoph Feußner als Sohn des Architekten Adolf Feußner und seiner Ehefrau Lucie, geb. Herbke, in Frankfurt am Main geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Weißkirchen/Ts wurde ich Ostern 1960 in die Sexta des Gymnasiums in Oberursel aufgenommen, wo ich in der Oberstufe den Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Zweig besuchte. Dort erwarb ich am 20. Juni 1968 das Zeugnis der Reife.

Ab Oktober 1968 bis März 1970 mußte ich meinen Grundwehrdienst ableisten, wo ich einen Krankenpflegelehrgang mit dem Zeugnis des staatlich geprüften Krankenpflegehelfers abschloß.

Am 15. April 1970 begann ich mit dem Studium der Tiermedizin an der Universität München. Nach neun Studiensemestern bestand ich den Dritten Teil der Tierärztlichen Prüfung am 5.6.1975.

Die Approbation erhielt ich im August 1975.

Im September 1975 begann ich mit der Arbeit an meiner Dissertation. Während des ersten Jahres wurde ich mit einem Stipendium nach dem Graduiertenförderungsgesetz unterstützt.

Seit September 1975 bin ich verheiratet.





